

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ -
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**
HORNICKO-GEOLOGICKÁ FAKULTA
Institut environmentálního inženýrství

Vliv znečištění ovzduší na vegetaci v Ostravě

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Eva Habramová
Vedoucí práce: Ing. Jana Kodymová, Ph.D.

OSTRAVA 2012

VŠB – TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA
FACULTY OF MINING AND GEOLOGY
Institute of environmental engineering

Pollutions Impact at Vegetation in Ostrava Region

THESIS

Author: Bc. Eva Habramová
Supervisor: Ing. Jana Kodymová, Ph.D.

OSTRAVA 2012

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Eva Habramová**

Studijní program: N2102 Nerostné suroviny

Studijní obor: 3904T005 Environmentální inženýrství

Téma: **Vliv znečištění na vegetaci ve městě Ostrava**
Pollutions Impact at Vegetation in Ostrava Region

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Flora na Ostravsku
3. Vybrání zkoumaných druhů ostravské vegetace
4. Vliv znečištění na vegetaci
5. Vybrání oblastí monitoringu
6. Stanovení metodiky sběru a analýzy vzorků
7. Vyhodnocení výsledků
8. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

PODHORSKÝ, M. Moravskoslezský kraj. Praha : Freytag & Brendt, 2006. 200 s.

NOVOTNÝ, R; BURLÁNEK, V; ŠRÁMEK, V. Metodika hodnocení viditelného poškození vegetace vyvolaného účinky přízemního ozónu : Recenzovaná metodika. Jíloviště : Strnady, 2009. 48 s.

CHYTRÝ, M. Vegetace České republiky : 1. Travná a keříčková vegetace. Praha : Academia, 2007. 531 s.

SOBOTKOVÁ, V. Synantropní flóra a vegetace na území města Ostravy. Ostrava : Ostravská univerzita, 1995. 74 s.


SOBOTKOVÁ, V. Bioindikace znečištění ovzduší Ostravska. Ostrava : Pedagogická fakulta v Ostravě, 1969. 139 s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jana Kodymová, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2011

Datum odevzdání: 30.04.2012


prof. Ing. Vojtech Dirner, CSc.
vedoucí institutu




prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Cílem mé diplomové práce bylo zjistit, jaký vliv má znečištěné ovzduší na Ostravsku na vegetaci.

Vliv znečišťujících látek ovzduší je nejčastější v blízkosti velkých měst, hutí, dálnic, skládek, energetických závodů, chemického průmyslu atd. Škody způsobené znečištěním ovzduší jsou obvykle vážnější během teplého, jasného, vlhkého počasí, kdy převládá vysoký tlak. Tím dochází k hromadění toxických látek blízko zemského povrchu.

Charakteristickými viditelnými příznaky poškození jsou např. žluté nebo načervenalé skvrny na povrchu listů nebo nekróza špiček listů nebo jehlic. Mezi fyziologické škody můžeme zařadit snížení fotosyntézy, reprodukčního potenciálu nebo snížení výnosu.

Klíčová slova: Znečištění ovzduší, znečišťující látky, vegetace,

ABSTRACT

The aim of my thesis was to find out the effect of air pollution on vegetation in the Ostrava region.

The impact of air pollutants on vegetation is most common near large cities, smelters, highways, power industries, chemical industry etc. Damages caused by air pollution are usually more serious during warm, clear, humid weather, when high pressure predominates. This leads to accumulation of toxic substances near the earth's surface.

Characteristic symptoms of visible damage are e.g. yellow or reddish spots on the leaf surface or tip necrosis of leaves. The physiological damage can include reduction of photosynthesis, reproductive potential or yield reduction.

Keywords: air pollution, pollutants, vegetation,

Prohlášení

Celou diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracoval(a) samostatně a uvedl(a) jsem všechny použité podklady a literaturu.

Byl(a) jsem byl seznámen(a) s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).

Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně

VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznam o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněn v informačním systému VŠB-TUO.

Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 23. 4. 2012

.....

Eva Habramová

OBSAH

1	ÚVOD.....	1
2	FLÓRA NA OSTRAVSKU	2
3	VYBRÁNÍ ZKOUMANÝCH DRUHŮ OSTRAVSKÉ VEGETACE.....	5
3.1	Rod: Borovice (<i>Pinus</i>)	5
3.2	Borovice kleč (<i>Pinus mugo</i>)	6
3.2.1	Rozšíření	6
3.2.2	Vzhled	7
3.2.3	Ekologie	7
4	VLIV ZNEČIŠTĚNÍ NA VEGETACI.....	8
4.1	Látky znečišťující ovzduší.....	8
4.1.1	Hlavní znečišťující látky	9
4.1.2	Sekundární znečišťující látky	13
4.2	Vliv znečišťujících látek na vegetaci.....	14
4.2.1	Hlavní znečišťující látky	15
4.2.2	Sekundární znečišťující látky	21
5	VYBRÁNÍ OBLASTÍ MONITORINGU.....	24
5.1	Okres Ostrava	24
5.1.1	Geologické poměry	24
5.1.2	Geomorfologické poměry	25
5.1.3	Klimatické poměry	25
5.1.4	Hydrologické poměry	26
5.2	Vymezení oblastí monitoringu.....	27
5.3	Městská část Moravská Ostrava a Přívoz	29
5.3.1	Staré ekologické zátěže.....	31
5.3.2	Památné stromy.....	34
5.3.3	Zvolená lokalita – Areál výstaviště Černá louky.....	35
6	STANOVENÍ METODIKY SBĚRU A ANALÝZA VZORKŮ	36
6.1	Sběr vzorků	36
6.2	Určování indexu nekrotizace jehlic	36
6.3	Výpočet základních statistických charakteristik.....	38
6.3.1	Centrální míry	38
6.3.2	Míry variability	39

7	VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ	41
8	ZÁVĚR	52
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	54
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ.....	58
	SEZNAM OBRÁZKŮ	59
	SEZNAM TABULEK.....	60
	SEZNAM GRAFŮ	61
	SEZNAM PŘÍLOH.....	62

1 ÚVOD

Znečištění ovzduší je velkým ekologickým problémem, který negativně působí nejen na člověka a jeho zdraví, ale také na ekosystémy a vegetaci. Mezi látky, které mohou svou přítomností v ovzduší negativně ovlivňovat člověka nebo vegetaci, patří např. oxid uhličitý, oxid uhelnatý, oxidy dusíku a síry, polétavý prach, chlór, fluór atd. Tyto látky jsou do ovzduší nejčastěji emitovány automobilovou dopravou, průmyslem nebo zemědělstvím.

K poškození v oblastech vzdálených od zdrojů znečištění dochází šířením znečišťujících látek větrem. Mezi hlavní faktory, které nám určují míru poškození, patří druh a koncentrace znečišťujících látek, vzdálenost od zdroje, délka expozice a meteorologické podmínky. Dalšími neméně důležitými faktory jsou např. velikost města a jeho lokalizace, vlhkost půdy a zásoba živin, zralost rostlinných pletiv, období roku, a druhy rostlin. (SIKORA, 2004)

Účinky znečišťujících látek v ovzduší na vegetaci se vyvíjejí v průběhu času a nelze je vrátit zpět. Některé druhy rostlin jsou k poškození náchylnější, jiné zase naopak odolnější. Poškození se nejčastěji projevuje na listech rostlin, kde dochází ke změně barvy listových pletiv, dochází k chloróze listů nebo se na špičkách objevuje nekróza. Škodlivé látky mají vliv na celou rostlinu např. u stromů může docházet k odumírání větvíček, zakrnění růstu, předčasnému opadu listů nebo snížení výnosu.

Hlavní cíle práce jsou:

Seznámit se s vlivy znečištění ovzduší, které je způsobeno především automobilovou dopravou a velkými průmyslovými zdroji, na vegetaci.

Seznámit se s vegetací Ostravska a vybrat vhodný druh vegetace pro monitoring.

Vybrat zájmovou oblast, vhodnou metodiku pro sběr a následnou analýzu vzorků.

Výpočet emisí z dopravy pro zvolený úsek silnice.

2 FLÓRA NA OSTRAVSKU

Fytogeografické členění Ostravska vyplývá z jeho polohy na geomorfologické hranici dvou soustav, České vysočiny a Karpatské soustavy. Střední a východní část okresu náleží do obvodu Karpatského mezofytika a fytogeografického okresu Ostravská pánev. Jihozápadní část okresu náleží do obvodu Českomoravského mezofytika a fytogeografického okresu Opavská pahorkatina.. Řeka Odra spolu se svými přítoky Opavou a Ostravicí, podporuje pronikání karpatských elementů na západ do Slezské nížiny a Nízkého Jeseníku.

Potenciální přirozenou vegetací podél toků Odry, Ostravice a Opavy jsou střemchové jaseniny (*Pruno-Fraxinetum*), místy v komplexu s mokřadními olšinami (*Alnion glutinosae*).

Střemchová jasenina se na Ostravsku zachovala zejména podél vývěrů v nižších částech štěrkové terasy a místy tvoří pobřežní porosty podél toků. Rostlinné společenstvo střemchové jaseniny je typickým lužním lesem vyskytujícím se v širokých, plochých údolích menších toků a potoků. Společenstvo je vázáno na půdy těžší s dostatečnou zásobou živin a vláh s možností dočasného zaplavení. Stromové patro tvoří střídavě jasan ztepilý (*Fraxinus elxelsior*) nebo olše lepkavá (*Alnus glutinosa*) s dalšími příměsemi, lípou malolistou (*Tilia cordata*) a střemchou obecnou (*Prunus spinosa*). Keřové patro je pestré a místy velmi husté. Nejčastěji se vyskytuje střemcha, bez černý (*Sambucus nigra*), srstka angrešt (*Ribes uva-crispa*) a líska obecná (*Corylus avellana*). Dobře zapojené je rovněž bylinné patro, které tvoří válečka lesní (*Brachypodium sylvaticum*), plícník tmavý (*Pulmonaria obscura*), krabilice zápašná (*Chaerophyllum aromaticum*), děhel lesní (*Angelica sylvestris*), ocún jesenní (*Colchicum autumnale*), bršlice kozí noha (*Aegopodium podagaria*), metlice trsnatá (*Dechampsia cespitosa*), čistec lesní (*Stachys sylvatica*), čarovník obecný (*Circaea lutetiana*), orsej jarní (*Ficaria bulbifera*), a druhy podsvazu *Alnenion glutinosa-incana*, k nimž patří řeřišnice hořká (*Cardamine amara*), škarda bahenní (*Crepis paludosa*) a krabilice chlupatá (*Chaerophyllum hirsutum*).

Mokřadní olšiny (*Alnion glutinosae*), ze kterých je od Ostravy doložen výskyt asociací *Carici acutiformis-Alnetum* a *Carici elongatae-Alnetum*, se vyskytují na stanovištích celoročně podmáčených. Můžeme v nich najít např. lilek potměchuť (*Solanum dulcamara*), ostřici prodlouženou (*Carex elongata*), ostřici ostrou (*Carex acutiformis*) a smldník bahenní (*Peucedanum palustre*).

V široké nivě Odry až po hranici s Polskem je mapována jilmová doubrava (*Querc-Ulmetum*). Zachovaly se zejména lesní komplexy na jih od ostravské aglomerace, kde se mozaikovitě prolíná se střemchovými jaseninami a mokřadními olšinami. Příkladem jilmové doubravy mohou být lesní celky CHKO Poodří a PR Rezavka. Jilmové doubravy tvoří vždy třípatrové porosty s jasanem ztepilým (*Fraxinus excelsior*) a lípou malolistou (*Tilia cordata*). Dále se může vyskytovat dub letní (*Quercus robur*) a javor babyka (*Acer campestre*). Podíl jilmu vazu (*Ulmus laevis*) a jilmu habrolistého (*Ulmus minor*) poklesl v důsledku grafiózy. Jedná se o onemocnění jilmů, které je způsobeno houbou druhu *Ophiostoma novo-ulmi* a zamezuje míze protékat cévami a tím dochází k postupnému odumírání celého stromu (JANČAŘÍK, 1999). V keřovém patře najdeme svídu krvavou (*Swida sanguinea*), hloh (*Crataegus sp.*) nebo bez černý (*Sambucus nigra*). V bylinném patře bývá výrazný aspekt jarního geofytu, kde je dominantní orsej jarní (*Ficaria bulbifera*) s dymnivkou dutou (*Corydalis cava*), česnekem medvědí (*Allium ursinum*), sněženkou podsněžník (*Galanthus nivalis*) a kyčelnicí žláznatou (*Dentaria glandulosa*). Nejrozšířenějšími složkami letního aspektu jsou bršlice kozí noha (*Aegopodium podagraria*), bažanka vytrvalá (*Mercurialis perennis*) a kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*).

Na dubohabřiny navazuje podmáčená dubová bučina (*Carici brizoidis-Quercetum*). Udržely se jen zbytky těchto porostů, které byly zejména převedeny na monokultury jehličnanů, které velmi trpí imisemi. Třípatrové porosty jsou tvořeny bukem lesním (*Fagus sylvatica*), dubem letním (*Quercus robur*) a habrem obecným (*Carpinus betulus*), dále je přítomna bříza bělokorá (*Betula pendula*) a ojediněle se může vyskytovat také jedle bělokorá (*Abies alba*). Z keřů převládá ostružiník sivý (*Rubus caesius*), ostružiník srstnatý (*Rubus hirtus*), ostružiník malinový (*Rubus idaeus*) a krušina olšová (*Frangula alnus*), rozšířené jsou také bezy. V bylinném patře se může objevovat např. ostřice třeslicovitá (*Carex brizoides*), borůvka černá (*Vaccinium myrtillus*) a šťavel kyselý (*Oxalis acetosella*).

Lipové dubohabřiny (*Tilio-Carpinetum*) se na Ostravsku zachovaly pouze mozaikovitě. Původní skladby dřevin byla narušena výsadbou smrku a část porostu zanikla výstavbou sídliště. Jsou tvořeny třípatrovými, řidčeji čtyřpatrovými porosty, kde dominuje lípa malolistá, ta je dále doprovázená habrem obecným, dubem letním, jeřábem ptačím (*Sorbus aucuparia*) a břízou bělokorou. V keřovém patře se objevuje líska obecná, svída krvavá nebo hloh (*Crataegus sp.*). Bylinné patro je velice druhově pestré a zahrnuje

ptačinec velkokvětý (*Stellaria holostea*), šťavel kyselý, biku chlupatou (*Luzula pilosa*) a svízel vonný (*Galium odoratum*).

Západní část Ostravska má vyrovnané nebo mírně zvlněné tvary, vzácně se mohou vyskytovat ostřejší svahy říčních údolí. Na malých plochách zde roste jedlová doubrava (*Abieti-Quercetum*). Stromové patro je převážně tvořeno dubem zimním (*Quercus petraea*), na vlhčích místech dubem letním (*Quercus robur*), jeřábem ptačím (*Sorbus aucuparia*), lípou malolistou (*Tilia cordata*) nebo jedlí bělokorou (*Abies alba*). Omlazené dřeviny stromového patra jsou nejdůležitější složkou slabě vyvinutého keřového patra, ve kterém se vyskytuje zejména krušina olšová (*Frangula alnus*). V bylinném patře můžeme najít svízel okrouhloolistou (*Galium rotundifolium*), kostřavu ovčí (*Festuca ovina*), lipnici hajní (*Poa nemoralis*), biku bělavou (*Luzula luzuloides*), biku chlupatou (*Luzula pilosa*) nebo borůvku černou (*Vaccinium myrtillus*).

Malá plocha strdivkové bučiny (*Melico-Fagetum*) je mapována na západním okraji Ostravska ve vlhčích a zastíněných údolích. Ve stromovém patře převládá buk lesní (*Fagus sylvatica*), javor klen (*Acer pseudoplatanus*) a habr obecný (*Carpinus betulus*).

Květnaté bučiny, které jsou blízké strdivkovým bučinám můžeme pozorovat na mírných svazích NPP Landek.

Území spadá do 1. – 3. lesního vegetačního stupně. Převládajícím stupněm je 3. dubo-bukový. Vegetační stupně 1. dubový a 2. bukovo-dubový nejsou vyvinuty ve své typické podobě, na půdách zásobených vodou jen ze srážek. Lesnatost území je 11,4%. V Ostravě se zachovaly nejvýznamnější zbytky přirozených lužních porostů v regionu (NPR Polanská niva, PR Polanský les). 3. dubo- bukové lesy jsou chráněny v NPP Landek. (WEISSMANNOVÁ, 2004)

3 VYBRÁNÍ ZKOUMANÝCH DRUHŮ OSTRAVSKÉ VEGETACE

Pro výzkum byly zvoleny jehličnaté dřeviny, protože většina jehličnanů si udrží své jehličí nejen po celý rok, ale i po dobu několika let. To dělá listy jehličnanů citlivější na poškození z chronické expozice látek znečišťujících ovzduší, než opadavé nebo jednoleté rostliny. Na prvním místě je zde často interakce mezi koncentrací a dobou účinku znečišťujících látek. Za druhé zde může být nahromadění škodlivých látek pocházejících z látek znečišťujících v průběhu času, např. výsledkem znečištění oxidem siřičitým může být to, že sulfát v jehličí může růst do vysokých úrovní a tím poškozuje chloroplasty (způsobuje chlorózu) a zabíjí buňky (častým výsledkem je nekróza špiček jehlic).

Dlouhý život jehlic jehličnanů je dělá náchylné k degradaci epikutikulární voskové vrstvy, obzvláště jehlic starších nebo rostoucích níže v koruně, a také u stromů rostoucích ve vyšších polohách. (ANDERSSON, 2005)

Jako zástupce jehličnanů byla zvolena borovice kleč (*Pinus mugo*). Systematické zařazení:

Říše: Rostliny (*Planta*)

Podříše: Cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)

Oddělení: Nahosemenné (*Pinophyta*)

Třída: Jehličnany (*Pinopsida*)

Řád: Borovicotvaré (*Pinales*)

Čeleď: Borovicovité (*Pinaceae*)

Rod: Borovice (*Pinus*)

(PASEČNÝ, 2005).

3.1 Rod: Borovice (*Pinus*)

Borovice jsou ve většině případů velké stromy, které mají v mladším věku nepravidelnou kuželovitou korunu s větvemi uspořádanými v přeslenech. Ve starším věku roste koruna více do šířky, je řidší, široce tupě kuželovitá až deštníkovitá. Mezi téměř

100 druhů rostoucích na severní polokouli jsou křovité, vzpřímené i poléhavé druhy. V přírodě vytvářejí rozsáhlé porosty. Kořenová soustava je mohutně vyvinutá a velmi snadno se přizpůsobuje geologickým a půdním podmínkám. Tenká a hladká kůra na kmenech se u většiny druhů mění na šupinatou nebo deskovitou hluboce podélně rozbrázděnou borku.

Větvičky jsou dvojího druhu. Normálně se prodlužující výhonky se šupinovitými skoro opadávajícími listy, v jejichž úžlabí vznikají zkrácené větvičky s blanitými listeny. Jehlice bývají ve svazku po 2 až 5. Jsou rovné, tuhé, dosahují různé délky od 2–3 cm až po 35 cm, na stromě vydrží 3–6 let. (MALOVEC, 2010)

Samčí a samičí květy jsou přítomny na jednom stromě. Samčí květy jsou tvořeny četnými tyčinkami. Tyčinky jsou s krátkou plochou nitkou, prodlouženým konektivem a 2 prašnými pouzdry. Konektiv je pletivo, které dohromady spojuje 2 prašné váčky. Pylová zrna jsou unášena větrem na velké vzdálenosti. Samičí se vyskytují po 1–3, s mnoha semennými a podpůrnými šupinami. Jsou krátce stopkaté a umístěné hned pod vrcholovým pupenem.

Šišky jsou dřevnaté, tvořené šupinami a jsou nerozpadavé, dozrávají za 2–3 roky. Semena bývají na vrcholku zpravidla křídlatá. (KUBÍČEK, 2003)

Borovice vyžadují slunečné oblasti. Na půdu jsou nenáročné. Sadovnický je to nejvýznamnější druh jehličnanů, který má široké použití. Jsou to také významné hospodářské dřeviny. (MALOVEC, 2010)

3.2 Borovice kleč (*Pinus mugo*)

3.2.1 Rozšíření

Jedná se o alpsko-karpatský druh, rostoucí ve středních a východních Alpách, dále v Apeninách, Balkánských pohořích a horách Karpatského oblouku.

V České republice se vysazují pouze na Šumavě, v Jizerských horách a v Krkonoších. Přirozené populace kleče můžeme nalézt v okolí Sněžky, jinak rostou v horním montánním a subalpínském stupni. (HRONEŠ, 2009)

3.2.2 Vzhled

Jedná se o jehličnatý keř, který dorůstá výšky až 3 m. Kmeny stromu se vyskytují ve větším množství, obvykle jsou zakřivené, poléhavé, na konci mohou být vzpřímené.

Kůra kleče horské je tvořena drobnými šupinami, které se odlupují. Barva kůry bývá obvykle šedohnědá.

Jehlice vyrůstají z brachyblastů ve svazcích po dvou, mají tmavě zelenou barvu, jsou tuhé a dlouhé zhruba od 2 do 6 cm. Opadávají po 4 až 10 letech. (HRONEŠ, 2009)

Květy má kleč podobné jako borovice lesní, jen jsou větší. Samčí květy mají žlutou až oranžovou barvu, samičí květy jsou červené až fialové, na větvičce po dvou až čtyřech. Kvete v červnu až červenci. Šišky jsou krátce stopkaté nebo úplně přisedlé, mohou být až po čtyřech v přeslenu. Mají světle hnědou barvu a dorůstají do velikosti 2-6 cm. Semena dozrávají stejně jako u borovice lesní, tedy v dubnu. Semena mají hnědou barvu, jsou polodlouhé, asi 5 mm velké a mají jedno žlutošedé až červenohnědé blanité křídlo. (PIKULA, 2004)

3.2.3 Ekologie

Kleč horská je dominantní dřevinou nad horní hranicí lesa. Může růst na rašelinách, na skalách, balvanitých svazích, na vrcholcích hor. Je nenáročná na půdní poměry, snáší jak půdy suché tak vlhké. Dobře snáší půdy silně kyselé, minerálně slabě zásobené. Protože je borovice kleč silně světlomilná, vyskytuje se především na světlých stanovištích, kde nemá žádnou jinou konkurenci. Dobře snáší velké klimatické výkyvy. (HRONEŠ, 2009)

Borovice kleč se přirozeně vyskytuje v nadmořské výšce nad 1350 m.n.m. a je typickou dřevinou klečového lesního vegetačního stupně. Tento vegetační stupeň se omezuje pouze na oblast Krkonoš a druhotně na oblast Jeseníků, kde klečové porosty v části Hrubého Jeseníku a Králického Sněžníku nejsou původní. (PIKULA, 2004)

4 VLIV ZNEČIŠTĚNÍ NA VEGETACI

4.1 Látky znečišťující ovzduší

V oblasti ochrany ovzduší jsou používány zejména dva základní pojmy, a to znečišťování a znečištění ovzduší. *Znečišťování* se používá pro vypouštění, nebo-li vnášení znečišťujících látek do atmosféry. Tento pojem označuje činnost nebo děj. Pojem *znečištění* ovzduší můžeme chápat jako přítomnost, nebo-li obsah znečišťujících látek v ovzduší v takové míře a době trvání, že se projeví nepříznivý vliv na životní prostředí. Tento pojem označuje určitý stav, který je důsledkem původního děje. (HERČÍK, 2006)

Znečišťování ovzduší má své příčiny a následky. Příčinou jsou *emise* (úlety) látek z jednotlivých zdrojů, které znečišťují ovzduší. Tyto toxické látky jsou tvořeny zejména plynnými a pevnými produkty ze spalovacích a technologických procesů. Ovzduším jsou znečišťující látky od zdrojů k příjemcům transportovány. Látky ve stádiu transportu nazýváme *transmise*. Znečišťující látky, které se vyskytují v přízemní vrstvě atmosféry a působí škodlivě na lidské zdraví a přírodu, označujeme jako *imise*. Znečišťující látky, které dopadnou na zemský povrch, označujeme jako *depozice*. V ovzduší probíhají také tzv. *konverze*, nebo-li změny jednotlivých druhů znečišťujících látek na jiné, někdy nebezpečnější než původní. (HERČÍK, 2006)

Mezi emise přírodní původu můžeme řadit takové procesy jako sopečná činnost, lesní a stepní požáry, přirozený rozklad organické hmoty, který je běžnou součástí všech ekosystémů. Antropogenní emise jsou ty, které vznikly lidskou činností. Patří mezi ně spalování organické hmoty, průmyslové procesy, spalování fosilních paliv, doprava, zemědělství apod. (OBROUČKA, 2003)

Znečištění ovzduší může být způsobeno přírodními nebo antropogenními zdroji. Tyto zdroje vyrábějí znečišťující látky, které působí buď na globální úrovni nebo pouze na jedince.

Přírodní procesy, které ovlivňují kvalitu ovzduší, zahrnují vulkanickou činnost, která produkuje síru, chlór a popel. Lesní požáry, které produkují kouř a oxid uhelnatý. Také dobytek a jiná zvířata emitují do ovzduší metan, který je součástí jejich trávicího procesu. Dokonce i borovice emitují těkavé organické látky.

Spousta látek znečišťujících ovzduší vzniká lidskou činností. Průmyslové závody, energetické závody a automobily se spalovacími motory produkují oxidy dusíku, těkavé organické látky, oxid uhelnatý, oxid uhličitý, oxid siřičitý a polévatý prach. Ve většině obrovských měst je právě automobilová doprava hlavním zdrojem těchto polutantů. Spalovny a farmáři, kteří spalují svůj rostlinný odpad, produkují CO a CO₂. Mezi další antropogenní zdroje můžeme zahrnout používání sprejů, vyzařování z chladniček, výpary z barev, laků a dalších rozpouštědel.

Hlavní antropogenní zdroje znečištění ovzduší jsou:

- Průmysl – těžební, energetický založený na spalování fosilních paliv, chemický, metalurgický, průmyslový odpad a hluk.
- Zemědělství – požáry vegetace, denitrifikace v půdách, rýžová pole, intenzivní zemědělství, odlesňování.
- Doprava - znečištění z motorových vozidel, hluk.
- Urbanizace – odpadní vody, oprávněné skládky.

Podle skupenství se dělí na tuhé, kapalně a plynné znečišťující látky. Podle chemického složení členíme znečišťující látky na sloučeniny síry, dusíku, kyslíku, uhlíku, halogenové sloučeniny a ostatní látky znečišťující ovzduší. Podle míry škodlivosti dělíme látky na alergeny, těžké kovy, látky radioaktivní, karcinogenní, mutagenní a teratogenní.

Znečišťující látky ovzduší jsou zastoupeny ve formě plynů, částic v suspenzi nebo různých ionizujících záření.

Znečišťující látky ve formě plynů : oxidované nebo redukované formy uhlíku (CO, CO₂, CH₄), dusíku (NO, NO₂, N₂O₄, NH₃), SO₂, O₃, C₆H₆ páry, Cl, těkavé fenoly atd.

Znečišťující látky ve formě částic: částice PM₁₀ a PM_{2,5}, těžké kovy s toxickým účinkem (N, Cd, As) atd. (KHALLAF, 2011)

4.1.1 Hlavní znečišťující látky

Oxid siřičitý (SO₂)

Oxid siřičitý je jednou z nejrozšířenějších znečišťujících látek ovzduší. Jediným přírodním zdrojem je vulkanická činnost. Hlavní zdroje jsou zejména antropogenní, a to především elektrárny a teplárny, které spalují palivo s vysokým obsahem síry. Mezi další

zdroje patří domácí topeniště a některé technologické procesy zejména v metalurgickém a chemickém průmyslu. (OBROUČKA, 2003)

Oxid siřičitý v atmosféře nezůstává nezměněn, jeho koncentrace velmi rychle klesá, zejména následkem oxidace na oxid sírový. Ten za přítomnosti vodní páry zcela okamžitě hydratuje za vzniku kyseliny sírové. Tato kyselina způsobuje acidifikaci a zimní smog. (KHALLAF, 2011)

Oxidy dusíku (NO_x)

Dusík je hlavní složkou zemské atmosféry. Kromě molekulárního dusíku je v atmosféře obsaženo mnoho jeho sloučenin, z nichž můžeme mnohé považovat za závažné znečišťující látky. (OBROUČKA, 2001)

Oxidy dusíku jsou produkovány přírodními a antropogenními procesy. Mezi přírodní zdroje patří zejména činnost bakterií, vulkanická činnost, lesní požáry a elektrické výboje v atmosféře. Hlavní antropogenní zdroje NO_x jsou spalovací procesy při výrobě energie (spalování oleje a uhlí), automobilová doprava a chemická výroba (výroba kyseliny dusičné apod.).

Nejdůležitější, z hlediska škodlivého vlivu na životné prostředí, je výskyt oxidu dusnatého (NO) a oxidu dusičitého (NO₂) v troposféře. Tyto dva oxidy jsou označovány jako NO_x. Hrají důležitou roli při vzniku ozonu v nižší atmosféře, dále se účastní acidifikačního a eutrofizačního procesu. (KHALLAF, 2011)

Používání katalyzátorů u výfuků vozidel může zabránit úniku plynu NO_x.

Oxidy uhlíku (CO_x)

Oxid uhelnatý (CO)

Stejně jako jiné látky, vzniká oxid uhelnatý přírodními nebo antropogenními procesy. Mezi přírodní zdroje se řadí lesní požáry, vulkanická činnost nebo bahenní plyny. Mezi antropogenní zdroje patří automobilová doprava, spalování uhlíkatých paliv za nízké teploty a nedostatku kyslíku. Oxid uhelnatý může vznikat v provozech, kde se využívá spalování nebo termické procesy, např. hutnictví, koksárenství, rafinerie olejů, cementárny, zpracování dřeva atd. (OBROUČKA, 2001)

Oxid uhličitý (CO₂)

Přírodním zdrojem oxidu uhličitého je dýchání anaerobních organismů, lesní požáry, vulkanická činnost a působení kyselin na horniny. Mezi antropogenní zdroje patří zejména spalování fosilních uhlíkatých paliv (zemního plynu, uhlí, koksu, ropných produktů) a v menší míře spalování biologických paliv (biomasy, dřeva, bionafty, bioplynu). Dalším zdrojem jsou průmyslové provozy, např. koksárenství, rafinerie olejů, cementárny, hutnictví atd. (OBROUČKA, 2001) Je hlavním skleníkovým plynem.

Fluoridy

Mezi nejčastější plynné fluoridy, které znečišťují ovzduší, patří fluorovodík (HF), SiF₆, CF₄ a F.

Hlavní zdroje fluoridů jsou cihlářny, továrny na hliník, sklárny, ocelárny, keramické závody, fosfátová hnojiva a uranové vysoké pece. Některé fluoridy vznikají během spalování uhlí. Nejškodlivějším fluoridem je plynný fluorovodík.

Fluoridy jsou uvolňovány do ovzduší v obou plynných formách (jako fluorovodík a křemíkový tetra-fluorid) a jako pevné částice. Částice spadnou a plyny jsou absorbovány vegetací poblíž znečišťujícího průmyslu. Fluoridy mohou způsobit vážné problémy, pokud jsou požitý domácími zvířaty nebo absorbovány rostlinami. Asi 96% přijatého fluoridu, který se akumuluje v tělech zvířat, je začleněno do krystalické struktury kostí a zubního minerálu. (KHALLAF, 2011)

Amoniak (NH₃)

Hlavním zdrojem amoniaku je rozklad lidských i zvířecích biologických odpadů. Uvádí se až 74%. Ostatní antropogenní zdroje se podílejí na celkových emisích amoniaku pouze minimálně. Mezi zdroje patří výroba kyseliny dusičné, výroba hnojiv, splaškové odpadní vody, odpadní vody z tepelného zpracování uhlí, používání dusíkatých hnojiv, odpadní vody ze zemědělské výroby a rozklad rostlinného odpadu. (IRZ, 2011)

Nepřetržité uvolňování amoniaku ze zdroje je zřídka kdy dostatečně vysoké, aby mohlo způsobit akutní poškození. Vysoké koncentrace amoniaku se občas objevují okolo intenzivních zemědělských podniků např. okolo nosnic kuřat.

Závažnost poškození klesá rychle se zvětšující se vzdáleností od zdroje. Za určitých podmínek může amoniak zůstat ve formě oblaku nad zemí a způsobit větší poškození na

stromech než na přízemní flóře. Symptomy se mohou projevit po 9 dnech. U mnoha rostlinných druhů může dojít k obnově po 2 týdnech po ukončení expozice.

Amoniak přispívá ke kyselým dešťům, hraje důležitou roli v acidifikaci a eutrofizaci. (KHALLAF, 2011)

Organické plyny

Mezi organickými plynými znečišťujícími látkami je nejčastější ethylen. Další organické plyny jsou propylen, butylenes a acetylen. Ethylen je trvale emitován z mnoha zdrojů, které zahrnují spalování nebo zpracování ropy, jeho výrobu nebo spalování organického materiálu např. spalování slámy. Ostatní organické plyny jsou vyráběny v různých procesech chemického průmyslu.

Ethylen je přírodní růstová látka rostlin, takže poškození, které může způsobit na rostlinách je velmi podobné příznakům růstové abnormality. Ostatní organické plyny vytvářejí poškození podobné těm, způsobené ethylenem, avšak citlivost druhů k různým plynům je rozdílná.

Ethylen je vedlejší produkt automobilových zplodin a může být zjevným problémem v městském prostředí. (KHALLAF, 2011)

Částice PM₁₀

Vzduchem unášené, malé, pevné částice nebo kapky jsou společně nazývány jako poléťavý prach nebo aerosoly. Velikost částic se liší od 1nm do 100 μm . Z hlediska působení atmosférického aerosolu na člověka byly definovány skupiny aerosolů, které se označují jako PM_x. Ty obsahují částice o velikosti menší než x μm , rozlišujeme PM₁₀, PM_{2,5} a PM_{1,0}.

Tyto látky znečišťující ovzduší zůstávají v atmosféře podle gravitace. Záleží na jejich velikosti a době ustálení, která se liší od několika sekund po několik měsíců. Aerosoly jako mlha, výtrusy rostlin, bakterie a pyl jsou přirozeného původu a nezpůsobují žádné atmosférické znečištění. Na druhé straně, cementový prach, palivový prach, prach z křemene nebo azbestu, tabákový kouř, poléťavý popel z elektrárny, důlní činnost, radioaktivní aerosoly, sopečná činnost, unášení solí a jiných pevných částic z moře a oceánu způsobují znečištění ovzduší. Tento druhý typ aerosolů zůstává v ovzduší a je absorbován např. uhlovodíky nebo oxidy síry a dusíku a společně vytvářejí smog. Koncentrace částic v ovzduší se liší od několika 100 na cm^3 v čistém ovzduší

po 105 na cm^3 ve vysoce znečištěném ovzduší. V městských oblastech se koncentrace pohybuje od $6 \cdot 10^{-3} \text{ gm}$ po $2 \cdot 10^3 \text{ gm/cm}^3$.

Chemická povaha částic, stejně jako jejich velikost, je mnohem důležitější než jejich koncentrace v konkrétní oblasti. Částice mohou být organické nebo anorganické povahy.

Organické částice obsažené v aerosolu jsou přírodní povahy. Např. částice pocházející ze sopečné činnosti, z prашných bouří, z požárů lesů, luk a pastvin.

Anorganické částice zahrnují zejména oxidy kovů vznikající během spalování fosilních paliv, průmyslových procesů, automobilové dopravy a kyselých dešťů. (ANINDITA, 2009)

Sirovodík (H_2S)

Bezbarvý, vysoce jedovatý, hořlavý plyn s charakteristickým zápachem po zkažených vejcích v koncentracích až 100 ppm. Často bývá výsledkem bakteriálního rozkladu organických látek za nepřítomnosti kyslíku, jako v bažinách nebo kanalizacích (anaerobní digesce). Vyskytuje se v sopečných plynech, zemním plynu a některých vodách. (KHALLAF, 2011)

4.1.2 Sekundární znečišťující látky

Ozon (O_3)

Zhruba 90% atmosférického ozonu se nachází ve stratosféře ve výšce 12 – 50 km nad zemským povrchem. Koncentrovaný je zejména ve výšce 20 – 30 km v tzv. ozonosféře. Zde hraje ozon důležitou roli při pohlcování nebezpečného UV záření, kterému brání při pronikání na zemský povrch. Jeho úbytkem ve stratosféře vzniká tzv. ozonová díra. Zbytek ozonu se nachází v přízemní vrstvě atmosféry, troposféře, kde mohou jeho zvýšené koncentrace negativně působit na rostliny, zvířata, lidi, ale také na různé materiály jako textilie, gumu, nátěrové hmoty apod.

Ozon je za běžných podmínek bezbarvý plyn, ale se stoupající koncentrací získává modrou barvu. Koncentrovaný ozon je tmavě modrý a má pronikavý charakteristický zápach. Ve zvýšené koncentraci je silně jedovatý.

Ozon je nejdůležitějším plynem, který se účastní fotochemických reakcí v atmosféře a je základní složkou tzv. fotochemického smogu. Podíl ozonu ve fotochemickém smogu je až 90%. Dalšími složkami fotochemického smogu jsou např. peroxyacetylnitrát (PAN), peroxybenzonylnitrát (PBN), formaldehyd nebo peroxid vodíku.

Ozon je typicky letní škodlivinou, který dosahuje maximální koncentrace v období od dubna do září. Roční cyklus vykazuje v posledních dvaceti letech dva základní typy sezónního chování. Jde o výskyt jarních maxim od dubna do května, které jsou typické pro oblasti vzdálené od zdrojů emisí, a letních maxim od srpna do září, které jsou charakteristické pro obydlené a průmyslové oblasti. Roční chod koncentrací vykazuje minimum v zimním období. (NOVOTNÝ, 2009)

4.2 Vliv znečišťujících látek na vegetaci

Atmosférické polutanty mají negativní vliv na rostliny. Mohou mít buď přímý toxický vliv nebo nepřímý, což způsobuje změnu pH půdy, kdy snížení pH způsobí nárůst mobility některých toxických kovů. Částice mají také negativní mechanický vliv. Zakrývají čepele listů a tím snižují průnik světla a blokují otevírání průduchů. Tyto překážky výrazně ovlivňují proces fotosyntézy, jejíž rychlost se tím prudce snižuje.

Vegetace hraje důležitou pozitivní roli při čištění atmosféry a snižování obsahu látek, které znečišťují ovzduší.

Primární producenti reprezentováni rostlinami jsou důležitou částí biogeochemických cyklů. Vegetace dokáže přeměnit část atmosférických plynů pomocí fotosyntézy, procesů dýchání a také mineralizací. Rostliny hrají důležitou roli ve snižování obsahu atmosférického oxidu uhličitého za pomoci fotosyntézy. Snížením CO₂ dochází ke snížení obsahu skleníkových plynů a tím se snižuje skleníkový efekt a jeho vliv na změny klimatu. Uhlík uložený v rostlinách je výsledkem rovnováhy mezi uhlíkem fixovaným fotosyntézou a uhlíkem uvolněným do atmosféry dýcháním.

Čím je struktura vegetace složitější, tím je zásoba uhlíku v rostlinné biomase vyšší a doba uložení delší. Nejúčinnějším typem vegetace v ukládání uhlíku z hlediska uhlíku uloženého v žijících rostlinách jsou kontinentální lesy mírného pásma. Z hlediska uhlíku uloženého v mrtvé organické hmotě jsou to rašeliniště.

Vegetace byla vysazována, aby snižovala také intenzitu ionizující radiace a hluk v různých městských a průmyslových oblastech. Existence vegetace vytváří v oblastech mikroklima, čímž dochází ke snížení teplotního rozdílu mezi dnem a nocí.

4.2.1 Hlavní znečišťující látky

Oxid siřičitý (SO₂)

Oxid siřičitý je hlavní složkou kyselých dešťů. Jedním z vedlejších produktů oxidu siřičitého je kyselina sírová a obě tyto chemické látky mohou být extrémně škodlivé pro rostliny. Listy vystavené působení těchto látek mohou začít ztrácet svou barvu v nepravidelných bílých skvrnách. U jiných listů se mohou objevit skvrny černé, hnědé nebo červené. Když je pigment v pletivech poškozen nebo zničen, mohou rostliny své listy začít ztrácet. Produkce rostlin se výrazně sníží a růst rostliny je zpomalen nebo rostlina může zakrtnět. To je obzvláště patrné u mladých rostlin.

Vliv oxidu siřičitého se snižuje při nízké vlhkosti půdy, při nízké teplotě, nedostatku síry, dusíku a fosforu a občas také při nadbytku dusíku.

U krytosemenných rostlin jsou nejvíce citlivé na znečištění SO₂ mladé listy, u jehličnanů, jehličí. Celkově jsou citlivější sazenice než starší rostliny. Vliv plynu se obvykle snižuje se stářím rostliny a méně morfologických a fyziologických příznaků poškození se objevuje u rostlin starších.

Příznaky poškození

Plyn je silné redukční činidlo. V nízké koncentraci oxiduje a je rostlinou používán při syntéze bílkovin. Avšak, ve vysoké koncentraci způsobuje otok thylakoidů. Při znečištění oxidem siřičitým se u rostlin začne projevovat první snížení fotosyntézy a zvýšení dýchání. Plyn snižuje otevírání průduch a tak způsobuje celkový nedostatek vody v rostlinách. Oxid siřičitý nahrazuje kyslík v buněčné hmotě a mění její povahu. Poškozuje strukturální bílkoviny v buněčné membráně a tak mění propustnost membrány. Vysoká koncentrace plynu snižuje obsah sulfidů v rostlině. Oxid siřičitý narušuje metabolismus aminokyselin a snižuje syntézu proteinů a enzymů. Stimuluje oxidaci PGA (3-fosfoglycerát) a zvyšuje činnost pentóza-fosfátového cyklu. To snižuje obsah keto kyselin, ATP (adenosintrifosfátu), sacharózy a glutamátu v rostlinách a zvyšuje obsah

glukózy, fruktózy a glykolátu. Inaktivuje řadu enzymů buď tím, že rozbije jejich disulfidický můstek (SS vazba) nebo změní jejich strukturu.

Oxid siřičitý vstupuje do listů hlavně přes průduchy (mikroskopické otvory). Výsledné poškození je klasifikováno buď jako akutní nebo chronické.

Akutní poškození je způsobeno absorpcí vysokých koncentrací oxidu siřičitého v relativně krátké době. Příznaky se projevují jako oboustranné lezy, které se obvykle vyskytují mezi listovou žilnatinou a občas na okrajích listů. Barva nekrotické oblasti se může lišit od světle hnědé až po oranžovočervenou nebo hnědou. Závisí to na roční době, rostlinném druhu a počasí. Nedávno roztažené listy jsou obvykle citlivější na akutní poškození SO₂, úplně nejmladší a nejstarší bývají o něco více odolné.

Chronické poškození je způsobeno dlouhodobou absorpcí oxidu siřičitého v subletálních koncentracích. Příznaky se projevují jako žloutnutí nebo chloróza listů a občas také jako hnědnutí (může se objevit i žlutohnědá barva) pod povrchem listů. Různé rostlinné druhy a odrůdy, ale dokonce i jedinci stejných druhů se mohou značně lišit ve své citlivosti na oxid siřičitý. K těmto rozdílům dochází díky rozdílné zeměpisné poloze, klimatu, fázi růstu a zrání.

Mezi plodiny, které jsou obecně považovány za citlivé na SO₂, můžeme řadit vojtěšku, ječmen, pohanku, jetel, oves, dýně, ředkev, rebarboru, špenát, tykev, mangold a tabák. Odolné plodiny zahrnují zelí, celer, kukuřici, cibuli a brambory.

Rostliny poškozené oxidem siřičitým mohou být vzdáleny od zdroje znečištění až 30 km, ale nejtěžší poškození, defoliace a změna barvy, bývá obvykle nalezeno do 5 km. Některé rostliny mohou být vystaveny působení znečišťující látky pouze 4 hodiny, aby utrpěly poškození. Velké množství druhů je zranitelných, od vojtěšky a mrkve po planou jablono a jedli. (KHALLAF, 2011)

Oxid uhelnatý (CO)

Stejně jako ethylen, i oxid uhelnatý způsobuje epinastii, chlorózu a opadávání. Avšak, je potřebná koncentrace 1000x vyšší než u ethylenu, aby oxid uhelnatý způsobil stejný stupeň poškození. Nebyly zjištěny příznaky poškození u rostlin pod expozicí 100 ppm po dobu 1 týdne. (KHALLAF, 2011)

Oxid uhelnatý má inhibiční vliv na fixaci dusíku. V koncentraci od 0,01 až 1 % (100-10 000ppm) se objevují viditelné vlivy jako padání listů, kroucení listů, zmenšování

velikosti listů, předčasné stárnutí a iniciace kořenů na stopkách. Oxid uhelnatý zpomaluje buněčné dýchání.(JAUHARI, 1992)

Oxid uhličitý (CO₂)

Oxid uhličitý přímo ovlivňuje fotosyntézu a vodní bilanci rostlin. V období sucha, oxid uhličitý přímo ovlivňuje vodu v rostlinách, protože CO₂ působí na póry a průduchy přes které je voda vydávána. Nárok na dusík a minerální živiny v období růstu rostliny je spojen s fotosyntézou. (JAUHARI, 1992)

Oxid dusičitý (NO₂)

Oxid dusičitý nejčastěji postihuje listy a sazenice. Jeho účinky se zvyšují se snižujícím se věkem rostliny a pletiv. Jehličnany se považují za citlivější na oxid dusičitý během jara a léta než v zimě. Starší jehlice jsou mnohem citlivější než mladé.

Příznaky poškození

Plyn způsobuje vytváření struktury krystaloidů ve stromě (výplňové hmotě) a otok membrány thylakoidů. Výsledkem je snížení fotosyntetické aktivity rostlin. Nejčastějším viditelným příznakem poškození je chloróza listů u krytosemenných rostlin a popálené špičky jehlic u jehličnatých stromů. Popálení listových vrcholů je častým znakem u listenců, kališních lístků a osin. (KHALLAF, 2011)

Fluoridy

Fluoridy obecně, jsou akumulovány po dlouhou dobu v tkáních rostlin. Nejprve dochází k akumulaci v listech a pak se fluoridy přemísťují k vrcholu a okraji listů. Příznaky poškození vznikají pouze po dosažení kritického množství fluoridů. Vzhledem k tomu, že se akumulují po dlouhou dobu, tak fluoridy a zejména fluorovodík (HF) mohou způsobit poškození již ve velmi nízkých atmosférických koncentracích. Kritická koncentrace pro poškození je 0,1 ppm po několik dní. Toxicita částic fluoridů závisí na jejich velikosti, rozpustnosti a vlhkosti ovzduší.

Fluorovodík je mnohem lehčí než vzduch, takže může způsobit poškození na rostlinách až ve vzdálenosti 30 km od zdroje znečištění. Je to hygroskopický plyn a vytváří kyselé oblaka blízko zdroje. Vliv znečištění fluorovodíkem se zvyšuje s vlhkostí a přebytkem fosforu v půdě, zatímco se snižuje teplota, sucho a nedostatek dusíku a vápníku v půdě.

U mnoha druhů může dojít k zotavení z mírného poškození fluoridy během několika dní poté, co došlo k ukončení expozice. Avšak, některé vysoce citlivé druhy, např. borovice nebo smrk, se po poškození nemohou nikdy úplně zotavit. Fluorovodík poškozují nezralé listy krytosemenných rostlin a jehlice jehličnanů.

Příznaky poškození

Fluoridy se spojují s kovovými složkami bílkovin nebo je potlačí jinak, a tak zasahují do činnosti mnoha enzymů. Výsledkem je změněné složení buněčné stěny, narušení fotosyntézy, dýchání, syntézy sacharidů, syntézy nukleových kyselin a nukleotidů, a energetické bilance buňky. V listech vystavených expozici fluorovodíku dochází ke zmenšení endoplazmatického retikula, jsou z něj odděleny ribozomy a dochází ke snížení jejich počtu. Syntéza chlorofylu a celulózy je zpomalena. U jehlic jsou častým viditelným znakem poškození chloróza, která později přechází v červenohnědé obarvení jehlic, popálení špiček jehlic, které později vede k nekróze celé jehlice a vznik ostře ohraničených červenofialových pruhů mezi zdravým a poškozeným pletivem. Podobné příznaky jsou časté také u listů krytosemenných rostlin. Navíc, u mnoha druhů krytosemenných rostlin se také objevují zóny nekrotických ploch, dochází ke zvlnění listových hran a objevují se otrhané okraje listů. U kališních lístků, korunních plátků, listenů a osin můžeme také sledovat vodou nasáklé okraje, později vrcholy a nekrózu okrajů listů. Fluoridy absorbované listy jsou vedeny k okrajům širokých listů, např. u hroznů a do vrcholů jednoduchých listů, např. u gladiol. Poškození začíná jako šedé nebo světle zelené poškození, které se mění v hnědé až červenohnědé. S pokračující expozicí odumřelá oblast zvětšuje svou velikost, šíří se dovnitř ke střednímu žeburu listu u listů širokých a dolů u listů jednoduchých.

Studie náchylnosti rostlinných druhů na fluoridy ukázaly, že nejcitlivější je meruňka, mladý ječmen, borůvka, broskev (plod), gladioly, hrozny, švestka, sušená švestka, sladká kukuřice a tulipány. Mezi odolné rostliny můžeme zahrnout vojtěšku, asparágus, fazole, zelí, mrkev, celer, okurku, květák, lilek, hrách, hrušku, pepř, brambor, dýni, tabák a pšenici. (KHALLAF, 2011)

Chlór (Cl)

Více citlivé na chlór jsou starší rostliny než sazenice. Stáří tkání má malý vliv na citlivost, takže starší tkáně jsou téměř stejně postiženy znečištěním chlórem jako tkáně mladé.

Příznaky poškození se mohou projevit po 18 hodinách až 8 dnech expozice. U mnoha rostlinných druhů může k regeneraci po poškození Cl dojít 3 - 4 dny po skončení expozice. Poškození jsou u různých druhů docela proměnlivé. Nejčastější viditelné příznaky u jehličnanů jsou chloróza, popálení špiček jehlic a nekróza. U listů krytosemenných rostlin se jedná o okrajovou nekrózu, vodou nasáklý vzhled a opadávání listů. (KHALLAF, 2011)

Chlorovodík (HCl)

Poškození chlorovodíkem může být způsobeno u rostlin až ve vzdálenosti 800 m od zdroje. Jako u fluoridů, je i chlorid z HCl akumulován v listech a veden do jejich okrajů a vrcholů. Příznaky poškození chlorovodíkem se objevují po dosažení kritické koncentrace, obvykle 24 – 72 hodin po expozici.

Vliv znečištění chlorovodíkem se snižuje se zvyšující se vlhkostí, nedostatkem hořčíku a přebytkem vápníku. Starší rostliny jsou na HCl mnohem citlivější než sazenice. Mladé plně rozvinuté listy jsou citlivější než nezralé nerozvinuté listy.

Příznaky poškození

Nejběžnější viditelné příznaky poškození u jehličnanů jsou červené nebo hnědé obarvení jehlic a spálené špičky. U listů krytosemenných rostlin jsou nejběžnějšími příznaky vodou nasáklé pruhy, žlutá nebo hnědá nekróza, nekróza vrcholů listů a vybledlá oblast okolo nekrózy. Mohou se také objevit popálené vrcholy listů, odumřelé tečkování a odbarvení u kališních lístků a korunních plátků. (KHALLAF, 2011)

Amoniak (NH₃)

Vliv amoniaku na rostliny se celkově zvyšuje s vlhkostí a snižuje se suchem. Vliv tmy na amoniakální citlivost je velmi rozdílný mezi druhy. Některé druhy jsou více sensitivní na nízké koncentrace amoniaku než jeho vysoké koncentrace. Stáří pletiv má minimální vliv na citlivost, takže mladé i staré pletiva jsou stejně náchylné na NH₃.

Příznaky poškození

Nejčastější viditelné příznaky u jehličnanů jsou černá obarvení jehlic, obvykle ostře ohraničené ožehlé špičky jehlic a opadávání. U krytosemenných rostlin se nejčastěji jedná o vodou nasáklý vzhled, který se později mění na černou barvu, mezižeberní nekrózu, lehká okrajová zranění a poškození horní vrstvy listu, její následné hnědnutí, vysušení a

opadávání. Kytky, ovoce a tkáně dřevin nejsou obvykle poškozeny a v případě závažného poškození ovocných stromů, můžeme sledovat oživení pomocí růstu nových listů.

Citlivé druhy jsou jabloň, ječmen, fazole, jetel, ředkev, maliny a sója. Odolné druhy jsou vojtěška, řepa, mrkev, kukuřice, okurka, lilek, cibule, broskev, rajče a rebarbora. (KHALLAF, 2011)

Organické plyny (Ethylen)

Příznaky poškození ethylenem u rostlin se objevují pouze po expozici vysokou koncentrací a zabere několik dní, než se poškození projeví. Poté, co působení ethylenu skončí, rychlost a úroveň obnovy je různá u různých druhů. Obecně platí, že mladší části rostlin se obnoví, zatím co starší části ne. Mnoho akutních poškození u rostlin bývá způsobeno na okraji znečištěné oblasti nebo stálým únikem plynu v nízkých koncentracích.

Příznaky poškození

Při působení vysokých koncentrací ethylenu je růst rostlin zastaven. Při nízkých koncentracích se objevují růstové abnormality. U jehličnanů se objevují žluté špičky jehlic a odpadávání větví a šišek. U krytosemenných rostlin jsou častými příznaky epinastie a hyponastie, ztráta kůry, opadávání listů a květů, předčasné otevírání květů a zrání plodů. Ethylen ovlivňuje růstové hormony a regulační procesy, které probíhají v rostlině, takže výsledkem je řada vnějších projevů infekcí. Listy se mohou začít kroutit a umírají. Ethylen způsobuje, že listy rostlin se stočí dolů, složí se jako by se scvrkávaly a trpí nekrózou. U kvetoucích rostlin se nemohou přestat otevírat pupeny nebo se na květech mohou začít objevovat znaky odbarvení nebo odumřou a opadnou dříve než se čekalo. Dokonce i u odolnějších rostlin jako stále zelených jehličnanů může dojít k zakrnutí, jehlice budou malé a dojde k vyprodukování jen několika šišek. Extrémně zranitelné rostliny na poškození ethylenem je broskvoň, blatouch, borůvka a rajče. (KHALLAF, 2011)

Poléťavý prach (PM₁₀)

Depozicí toxických látek se půda stává nevhodnou pro růst rostlin. Částice se mohou také ukládat na listech rostlin a tím blokují průduchy a snižují rychlost vypařování, dýchání a fotosyntézy. (BASAK, 2009)

Prach z cementárenských pecí

Obecně je známo, že rostliny s chlupatým povrchem listů zachytí více prachu a jsou více poškozeny než rostliny s lesklým povrchem listů. Cementový prach vytváří na

povrchu listů, větviček a květů jakýsi tvrdý povlak. Tím dochází ke zpomalení výměny plynů z povrchu rostlinných částí. Povlak rovněž brání průniku světla a tak snižuje rychlost fotosyntézy. Povlak je silnější zejména během rosy, mlhy a deště. Za suchých podmínek je prach, který je unášen větrem, vysoce abrazivní a ničí pokožku listů. Pokožka je také poničena vzhledem k zásaditosti cementového prachu. Poškozením pokožky se rostliny stávají náchylnějšími na infekce patogenů.

Prach z vápna a sádry

Prach se ukládá z ovzduší na půdu a tím mění pH půdy a ovlivňuje dostupnost živin pro rostliny. Prach z vápna a sádry je méně lepivý ve srovnání s cementovým. I přesto se zachytává a ukládá na povrchu rostlinných částí, především na listech s chlupatým povrchem a způsobuje stejná poškození jako prach cementový.

Saze

Saze uložené na povrchu listů mohou být omyty deštěm, tím se snižují jejich škodlivé účinky. Ale za jasného slunečného počasí a vysokých teplot se může poškození saze zvrhnout.

Saze uložené na povrchu listů snižují schopnost průniku světla a zvyšují teplotu povrchu v důsledku absorpce okolní teploty a ucpání průduchů. Výsledkem je zpomalení výměny plynů, snížení fotosyntézy a celkové oslabení rostlinného růstu. Objevují se také odumřelé skvrny. (KHALLAF, 2011)

Sirovodík (H_2S)

Po vystavení rostlin expozici tohoto plynu se příznaky začínají projevovat po asi 48 hodinách. Nebyla pozorována poškození pod expozici 40 ppm po dobu 4 hodin. (KHALLAF, 2011)

4.2.2 Sekundární znečišťující látky

Ozon (O_3)

Obecně můžeme říci, že listnaté dřeviny jsou vůči ozónu citlivější než dřeviny jehličnaté. Relativně vysoce citlivá je např. bříza, třešň, olše, topol, jasan, buk nebo javor klen. Jako odolnější druhy můžeme uvést např. habr nebo jeřáb. Z jehličnatých dřevin je poměrně citlivá borovice kleč, naopak odolná je sekvoj obrovská.

Kromě poškození listů ozon nepříznivě ovlivňuje celkovou energetickou bilanci stromů. Velká část fotosyntetické produkce i rezerv je uvolňovaná na odstraňování oxidačního stresu a tak se snižuje celková odolnost vůči dalším nepříznivým faktorům. Dále dochází k blokování rozvoje kořenů a ukládání zásobních látek.

Příznaky poškození

Poškození ozonem se viditelně projevuje změnami zbarvení asimilačních orgánů. Může se také vytvořit nekróza na listové ploše. Viditelné příznaky se na zasažených listech objevují za několik týdnů až měsíců po příjmu ozónu. V tomto případě se jedná o chronické poškození. Výjimečně může dojít k poškození akutnímu, kdy rozvoj symptomů trvá několik hodin až dnů po expozici ozonu.

U listnatých dřevin se jako nejčastější symptomy objevují nepravidelné chlorotické, červené až červenohnědé, hnědé nebo téměř černé tečky, skvrny nebo bronzové zbarvení listů. Časté je také zbarvení mezižilních ploch, žilnatina zasažena nebývá nebo je zasažena jen výjimečně. Poškození se nejprve projevuje na středně starých a starších listech, až později na listech mladších. Poškození bývá nejprve patrné na svrchní straně listů, jen na konci vegetační sezóny se může poškození objevit také na spodní straně listů.

U jehličnatých dřevin se na jehlicích vyskytují bezbarvé až žluté nebo zelenožluté bodové chlorózy, které mají nepravidelný tvar. Častěji jsou na starším jehličí, protože účinek ozonu bývá kumulativní a se stářím jehlic příznaky přibývají a zvyšuje se jejich intenzita. Bodové chlorózy mohou při intenzivním působení přejít až k nekróze na větší ploše jehlic.

Častěji bývají příznaky pozorovány na osluněných částech korun nebo větví. Pokud hodnotíme přízemní vegetaci, symptomy se častěji vyskytují na slunečných stanovištích. (NOVOTNÝ, 2009)

Brom (Br) a jód (I)

Pro rostliny jsou brom a jód vysoce toxické plyny. Jodovodík (HI) a jód jsou snadno absorbovatelné a akumulované rostlinami. Způsobují viditelné příznaky poškození jako oxid siřičitý. Poškození bylo sledováno při expozici 0,1 ppm po dobu 18 hodin.

Častými příznaky poškození bromem u krytosemenných rostlin jsou nekróza okrajů listů, vrcholů listů a úponků. Hnědé zbarvení a černé skvrny se později rozprostrou po

celém listu. U jehličnanů jsou častými příznaky žlutobílé špičky jehlic nebo červenohnědé zbarvení jehlice, které později přechází do šedohnědé. (KHALLAF, 2011)

Rtuťové výpary

Na rozdíl od jiných znečišťujících látek jsou na rtuť citlivější květy než listy. Příznaky poškození se obvykle projeví do 24 hodin po vystavení expozici Hg, ale často se mohou příznaky projevit až po 5-ti dnech.

Častým příznakem poškození, vzhledem ke znečištění rtuťovými výpary, je opadávání listů, nekróza, chloróza okolo listové žilnatiny, opad květů, ztráta barvy okvětního lístku, pupeny zůstávají zavřené, černání tyčinek, pestíků a stopek. (KHALLAF, 2011)

5 VYBRÁNÍ OBLASTÍ MONITORINGU

5.1 Okres Ostrava

Okres Ostrava se rozkládá ve východní části Česka v Moravskoslezském kraji na hranici mezi Moravou a Slezskem. Na východě sousedí s okresem Karviná, na severu s okresem Opava, na západě s okresem Nový Jičín a na jihu s okresem Frýdek Místek.

Rozloha města Ostravy je 331 km², počet obyvatel k 31.12.2010 čítá 333 579 a hustota osídlení je 1 034 obyvatel/km². Ostrava je členěna na 23 městských obvodů. Okres Ostrava-město tvoří 13 obcí, z toho 4 města. (STATISTICKÁ ROČENKA MSK, 2011)

5.1.1 Geologické poměry

Na území Ostravy se stýkají dvě jednotky, fundament Českého masívu a sedimentární výplň karpatské předhlubně.

Fundament Českého masívu je zastoupen v okrese svou severovýchodní částí, tzv. moravskoslezskou oblastí. Je tvořena transgresivním devonem a na něj navazujícím spodním karbonem, na kterém se nacházejí sedimenty svrchního (uhlonosného) karbonu (hornoslezská pánev). Uhlonosný karbon tvoří malé ostrůvky, které jsou obklopené miocenními a kvartérními sedimenty. Nejdelší úsek hornin svrchního karbonu je odkryt v NPP Lanek v nárazovém břehu Odry pod vrchem Lanek s uhelnými sloji.

Větší část Ostravska se nachází v karpatské předhlubni, která se začala formovat ve spodním miocénu v souvislosti s tektonickými pohyby starší mladoštýrské fáze alpínského vrásnění. Došlo k pohybu a poklesu fundamentu Českého masívu a mořské transgresi do Ostravské pánve, Oderské brány (SV část Moravské brány) a okraje Nízkého Jeseníku. Nejvíce rozšířené jsou sedimenty spodního badenu.

Uvedené geologické jednotky jsou pokryté různorodými sedimenty kvartéru. Na stavbě kvartéru se kromě ledovcových uloženin podílejí také sedimenty fluvialní, lakustrinní, organické, deluviální a eolické. Kvartér Ostravska je významný přítomností sedimentů glaciální série pleistocenního pevninského zalednění. Fluvioglaciální sedimenty mají největší mocnost např. v Ostravě-Zábřehu. Písečné pleistocenní fluvialní štěrky tvoří říční terasy vodních toků..

Významným prvkem ostravské krajiny je komplex svrchnopleistocenních sprašových hlín, které vytvářejí akumulární plošiny a mohou dosáhnout mocnosti 10 m.

Vliv průmyslu na Ostravsku je významný. Nacházejí se zde antropogenní sedimenty, haldy hlušiny z uhelných dolů, průmyslové haldy hutních a chemických závodů, různé plošné navážky a skládky. (WEISSMANNOVÁ, 2004)

5.1.2 Geomorfologické poměry

Z regionálně geomorfologického hlediska se větší část okresu nachází v celku Ostravská pánev, která je součástí podsoustavy Severní Vněkarpatské sníženiny. Její rovinný až pahorkatinný povrch má nadmořskou výšku 244m. Osy Ostravské pánve tvoří široká Oderská a Ostravská niva. Východní část okresu tvoří okrsek Orlovská plošina. Plochá pahorkatina zde vznikla na glaciálních a fluviálních sedimentech a její povrch je překrytý sprašovými hlínami. Do západní části okresu zasahuje malý výběžek podcelku Oderská brána, který je součástí celku Moravská brána. Její osu tvoří široká Oderská niva. Do severní části okresu zabíhá výběžek provincie České vysočiny nejvýchodnější částí celku Nízký Jeseník. Tato část okresu má ráz členité pahorkatiny na zvrásněných a rozlámaných kulmských sedimentech fundamentu Českého masívu. (WEISSMANNOVÁ, 2004)

5.1.3 Klimatické poměry

Okres Ostrava patří podle Quitta, E., 1971, do mírně teplé klimatické oblasti, která je charakterizována dlouhým, teplým a mírně suchým létem a krátkou mírně teplou a velmi suchou zimou s krátkým trváním sněhové pokrývky (průměrně asi 50 - 60 dní). (WEISSMANNOVÁ, 2004)

Místní klima je kromě přírodních faktorů také ovlivněno antropogenními prvky jako např. změněný reliéf, hustota zástavby nebo koncentrace průmyslu. Tyto faktory způsobují, že se roční teplota průměrně zvyšuje o 1 – 2°C oproti stavu, který by odpovídal příslušné nadmořské výšce. V zimě často dochází k tepelným inverzím s výskytem mlh.

Průměrná doba slunečního svitu je 1594,2 hodin, průměrná roční teplota vzduchu je 8,6°C (průměrná lednová teplota je – 1,4°C a průměrná červencová teplota je 37,4°C) a

průměrné roční srážkové úhrny dosahují 769 mm. Průměrná relativní vlhkost vzduchu se pohybuje okolo 75%.

Abnormální množství srážek v oblasti Beskyd ovlivňuje i jejich úhrn na Ostravsku. Podle koeficientu vláhové jistoty se Ostravsko řadí mezi velmi vlhká území.(ÚZEMNĚ ANALYTICKÉ PODKLADY,2010)

5.1.4 Hydrologické poměry

Páteří celého hydrologického systému Ostravska je řeka Odra se svými přítoky Ostravicí, Opavou a Lučinou. Ostrava se nachází na hydrografickém uzlu říční sítě horního toku Odry a patří k úmoří Baltského moře.(WEISSMANOVÁ, 2004)

Řeka Odra je v CHKO Poodří přirozeně meandrujícím tokem v široké nivě s loukami, rozptýlenou zelení a lužními lesy. Mezi CHKO Poodří a Koblovem je Odra tokem s upraveným korytem a protipovodňovými hrázemi na obou březích. Na některých úsecích toku se zachovala slepá ramena, např. Ostrava – Jih, Petřkovice nebo Hrušov. (ÚZEMNĚ ANALYTICKÉ PODKLADY,2010)

Řeka Odra protéká Ostravou od jihu k severu. Soutoky s Opavou a Ostravicí leží blízko sebe v centru města. Všechny řeky zde byly regulovány, jejich toky zkráceny a na rozsáhlých plochách hrázovány. I tak se zde podařilo v okrajových částech okresu zachovat velmi cenné rezervace nadregionálního významu.

Niva Odry je v jižní části okresu součástí nadregionálního biocentra Oderská niva, severní částí vede podél řeky až k hranicím s Polskem nadregionální biokoridor.

Řeka Opava je největší levostranný přítok Odry a vlévá se do Odry u Třebovic.(WEISSMANOVÁ,2004) Opava přináší velké množství vody, a proto je tok regulován do velkých oblouků v široké nivě, hluboce se zařezávající do pahorkatiny (Hošťákovice). (ÚZEMNĚ ANALYTICKÉ PODKLADY,2010)

Ostravice je pravostranným přítokem Odry. Jedná se o tok s větším spádem, který umožňuje vznik drobných peřejí a větší diferenciaci dna koryta.

Menší řekou je Lučina, která se vlévá jako pravostranný přítok do Ostravice v centru města. (WEISSMANOVÁ, 2004) I když protéká industrializovaným územím Kunčic, zachovala si Lučina přirozený charakter meandrujícího toku.(ÚZEMNĚ ANALYTICKÉ PODKLADY,2010)

Z drobných toků na území města můžeme uvést např. Porubku, která se vlévá do Odry v Ostravě-Svinově nebo Plevenský potok. Černý potok, který se vlévá do Odry těsně před soutokem Odry s Ostravicí, je upravenou vodotečí. Další toky jsou využívány zejména k odvádění odpadních vod (např. Černý příkop), jiné slouží k přivádění užitkové vody do průmyslových závodů nebo jsou překryté a protékají pod městskou zástavbou. (WEISSMANNOVÁ, 2004)

Na území Ostravy leží také rybníční soustavy, které jsou napájené vodou z větších vodotečí. Např. Heřmanický rybník, Dymač ve Svinově, rybníky v Porubě nebo drobnější soustava rybníků v Bartovickém lese.

Zvláštním případem vodního systému jsou vytěžená štěrkoviště v nivě Odry v Koblově (u Antošovi). Větší vodní plochy jsou částečně využívány k rekreaci, menší vodní plochy jsou ponechány přirozenému vývoji. (ÚZEMNĚ ANALYTICKÉ PODKLADY, 2010)

Se vzrůstajícími nároky na vodu pro průmysl a pro zásobování rostoucího počtu obyvatelstva nejen v Ostravě, ale v celé ostravské průmyslové oblasti, se budují údolní nádrže. Propojením údolních nádrží Kružberk, Morávka a Šance vzniká první vodárenská soustava v České republice, Ostravský oblastní vodovod. Vodohospodářská soustava mění nejen průtokový režim toků, ale také jejich další hydrologické vlastnosti, jako např. teplotu vody, kvalitu vody nebo splaveninový režim.

Vodní toky v Ostravě a celé průmyslové oblasti jsou velmi ovlivněny po stránce chemické, biologické i fyzikální (tepelné odpadní vody – tepelné znečištění) zejména odpadními vodami průmyslovými a komunálními. Podle kyslíkového režimu patří hlavně do IV. a V. třídy klasifikace jakosti povrchových vod, jejich voda je silně až velmi silně znečištěná. (WEISSMANNOVÁ, 2004)

5.2 Vymezení oblastí monitoringu

Pro monitoring vlivu znečištění ovzduší na vegetaci byla zvolena oblast, ve které došlo k překročení ročního imisního limitu NO_2 (Tab.1). Jedná se o městský obvod Moravská Ostrava a Přívoz. V oblasti městského obvodu Moravská Ostrava a Přívoz došlo k překročení ročního imisního limitu pro NO_2 na 7,3 % území.

Tabulka 1 Vymezení oblastí se zhoršenou kvalitou ovzduší (v % území)

Stavební úřad	PM ₁₀ (d IL)	PM ₁₀ (r IL)	NO ₂ (r IL)	Benzen	Souhrn překročení IL
Úřad městského obvodu Hošťálkovice	100	100	-	-	100
Úřad městského obvodu Hrabová	100	-	-	-	100
Úřad městského obvodu Lhotka	100	100	-	-	100
Úřad městského obvodu Mariánské Hory a Hulváky	100	100	-	-	100
Úřad městského obvodu Michálkovice	100	100	-	-	100
Úřad městského obvodu Moravská Ostrava a Přívoz	100	100	7,3	24,9	100
Úřad městského obvodu Nová Bělá	100	-	-	-	100
Úřad městského obvodu Petřkovice	100	100	-	10,0	100
Úřad městského obvodu Polanka nad Odrou	100	-	-	-	100
Úřad městského obvodu Radvanice a Bartovice	100	89,0	-	-	100
Úřad městského obvodu Ostrava – Jih	100	33,2	-	-	100
Úřad městského obvodu Martinov	100	58,4	-	-	100
Úřad městského obvodu Poruba	100	3,8	-	-	100
Úřad městského obvodu Pustkovec	100	1,0	-	-	100
Úřad městského obvodu Třebovice	100	97,0	-	-	100
Úřad městského obvodu Vítkovice	100	100	-	-	100
Úřad městského obvodu Slezská Ostrava	100	92,8	0,1	3,1	100
Úřad městského obvodu Stará Bělá	100	-	-	-	100
Úřad městského obvodu Svinov	100	44,8	-	-	100
Úřad městského obvodu Krásné Pole	100	-	-	-	100

Zdroj: Sdělení odboru ochrany ovzduší MŽP o hodnocení kvality ovzduší za rok 2009

Pro ochranu vegetace a ekosystému činí hodnota imisního limitu pro NO_x 30 µg*m⁻³ (Tab. 2). Ve srovnání s imisním limitem NO_x pro ochranu zdraví, jehož hodnota je 40 µg*m⁻³, je limit pro ochranu vegetace o něco přísnější.

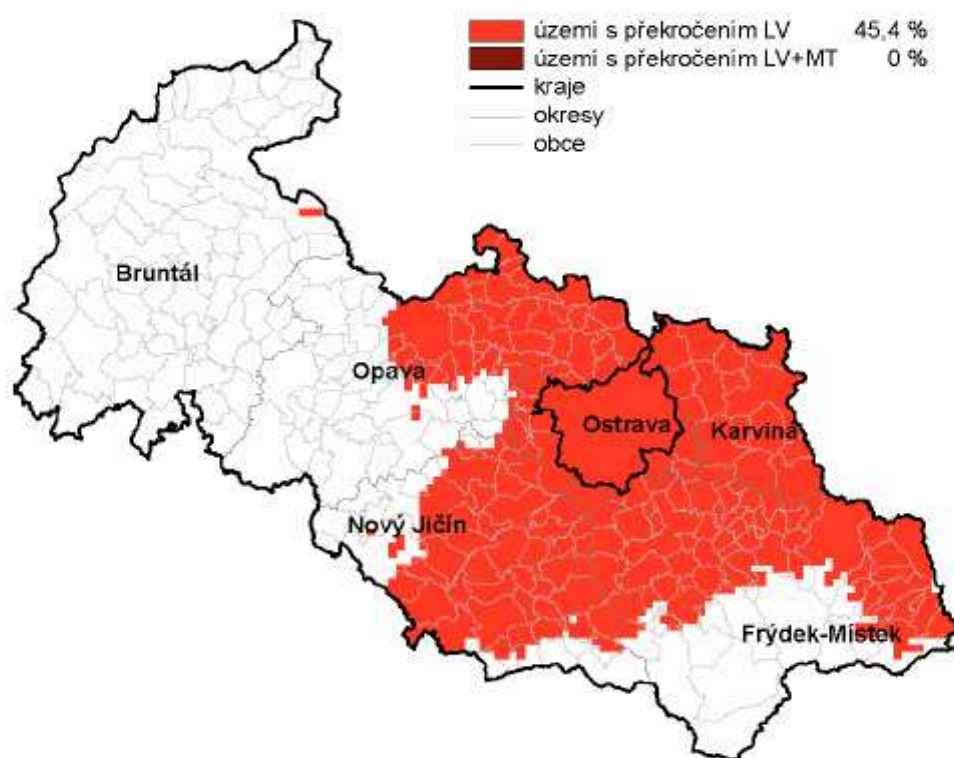
Tabulka 2 Imisní limity pro ochranu ekosystémů a vegetace

Znečišťující látka	Doba průměrování	Hodnota imisního limitu (µg*m ⁻³)
Oxid siřičitý (SO ₂)	Rok a zimní období (1.10-31.3)	20
Oxidy dusíku (NO _x)	1 rok	30

Zdroj: ČHMÚ

Na obr.1 jsou vymezeny oblasti se zhoršenou kvalitou ovzduší, kde došlo k překročení hodnoty imisního limitu (LV) pro jednu nebo více znečišťujících látek.

V Moravskoslezském kraji došlo k překročení limitů na 45,4 % území. Jak je patrné, v okrese Ostrava byly hodnoty LV překročeny na celém území.



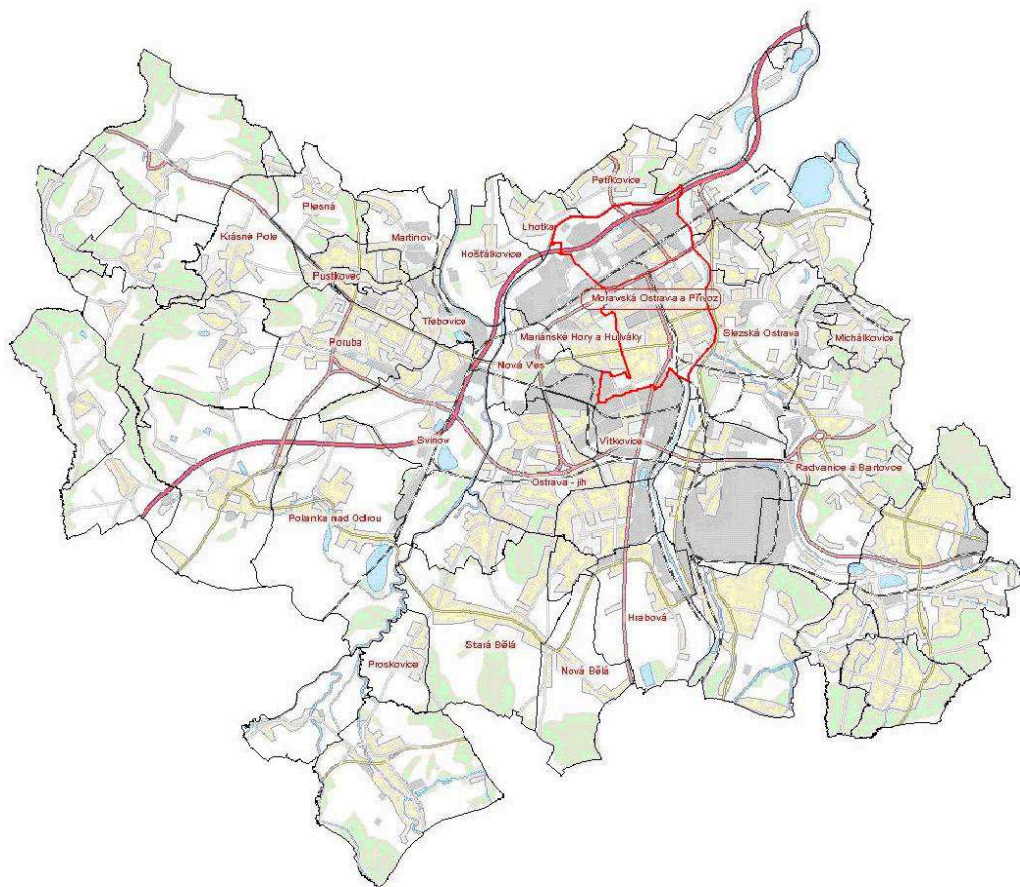
Obrázek 1 Území v Moravskoslezském kraji s překročenými hodnotami imisního limitu
Zdroj: Sdělení odboru ochrany ovzduší MŽP o hodnocení kvality ovzduší za rok 2009

5.3 Městská část Moravská Ostrava a Přívoz

Městský obvod Moravská Ostrava a Přívoz je jedním z 23 městských obvodů statutárního města Ostravy. Nachází se mezi řekami Ostravice a Odra jižně od jejich soutoku. Zabírá území o rozloze 1353 ha se 40 559 obyvateli ke dni 31.12.2011. Na svém území má dvě památkové zóny, které chrání cenné části městského obvodu z hlediska architektury a urbanismu, Městkou památkovou zónu Moravská Ostrava a Městkou památkovou zónu Ostrava – Přívoz. (PETROŠOVÁ, 2011) Vybrané městské části jsou zvýrazněny na obr.2.

Moravská Ostrava a Přívoz patří mezi území s největší hustotou zástavby, stejně jako Slezská Ostrava, Vítkovice, Mariánské Hory a Hulváky nebo Ostrava – Jih. Převládá zde městský charakter zástavby s malým podílem zeleně. Zastoupení přirozených ekosystémů je minimální, ve větší míře se vyskytují antropogenní útvary s různým stupněm sukcese (samovolný proces osídlování vegetací). Zelené plochy představují

plochy parků a plochy většinou neudržovaných ruderalizovaných stanovišť v okolí industriálních komplexů.



Obrázek 2 Zvolená městská část pro monitoring (Měřítko: 1:100000)

Zdroj: Statutární město Ostrava - mapový portál

Rozloha zmapované veřejné zeleně k 1.6. 2008 na území města Ostravy činí zhruba 1 702,48 ha. V posledních letech došlo k významným rekonstrukcím veřejné zeleně na Fifejdách (regenerace sídlištní zeleně), v Porubě (Hlavní třída a navazující lokality) a v Třebovicích (rekonstrukce parku).

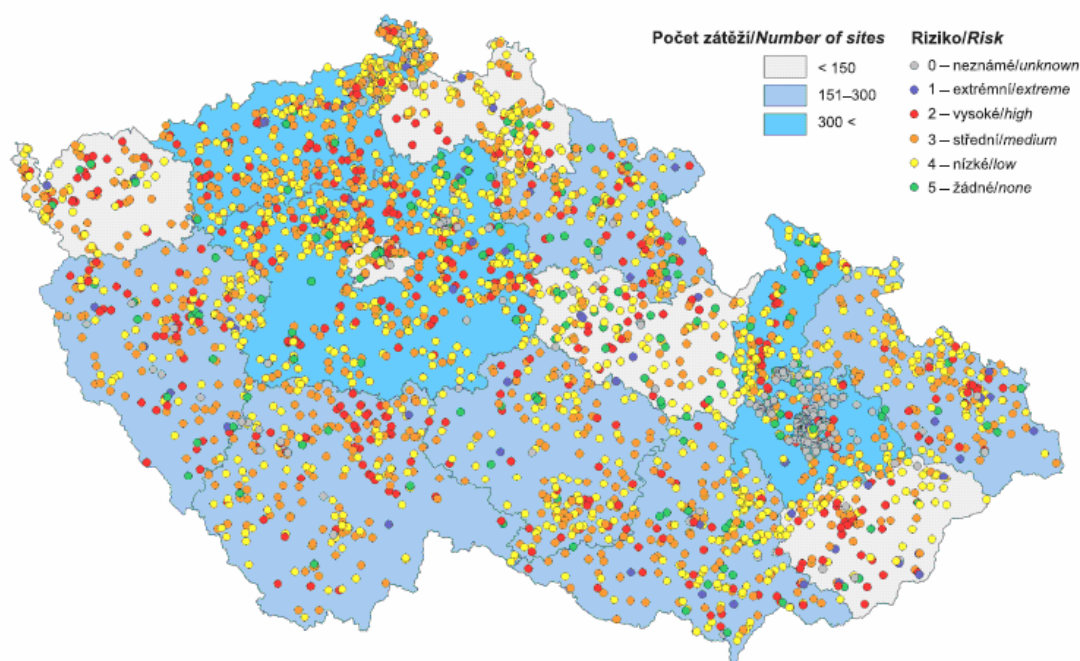
V současnosti vznikají nové plochy veřejné zeleně v Hrabové kolem průmyslové zóny a v Pustkovci kolem Vědecko-technologického parku. Rozloha parkově upravených ploch představuje 113,56 ha. Plocha sídlištní zeleně zaujímá 499,39 ha. (ÚZEMNĚ ANALYTICKÉ PODKLADY, 2010)

Mezi významné plochy zeleně v Moravské Ostravě a Přívoze patří hlavně Komenského sady, Husův sad (křížení ulic Českobratrská a Přívozská), Park Čs. Letců (křížení ulic Přívozská a 30.dubna), Bezručův sad (ul. Nádražní, poblíž dolu Jindřich), sad Boženy Němcové (Sokolská tř. a Mariánskohorská), sad Dr.Milady Horákové (ul.28.října),

areál v okolí Černé louky a zeleň v okolí ulice Železárenská. Velkou část zeleně tvoří také zeleň obytných souborů v okolí sídliště Fifejdy.

5.3.1 Staré ekologické zátěže

Za starou ekologickou zátěž považujeme závažnou kontaminaci horninového prostředí, podzemních nebo povrchových vod, ke které došlo nevhodným nakládáním s nebezpečnými látkami v minulosti. (ATLAS ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ MSK, 2011) Rozmístění ekologických zátěží po celé ČR je vidět na obrázku č.3, který vychází z evidence Ministerstva životního prostředí pro rok 2005.



Obrázek 3 Rozmístění starých ekologických zátěží podle evidence MŽP ČR v r.2005

Zdroj: Statistická ročenka životního prostředí 2006

Jedná se zejména o ropné látky, pesticidy, PCB, chlorované a aromatické uhlovodíky, těžké kovy apod. Zjištěnou kontaminaci můžeme považovat za starou ekologickou zátěž jen v případě, že původce kontaminace již neexistuje nebo není znám.

Kontaminovaná místa mohou mít různý charakter, může se jednat o skládky odpadů, průmyslové a zemědělské areály, drobné provozovny, nebezpečné sklady nebezpečných látek, bývalé vojenské základny nebo území postižena těžbou nerostných surovin. (MŽP, 2012)

Na území městského obvodu Moravská Ostrava a Přívoz se nachází sedm starých ekologických zátěží. Jejich poloha je vyznačena na obrázku č.4, níže v textu.

Kvalitativní hodnocení rizik

Jednotlivá rizika jsou hodnocena jako extrémní, vysoké, střední, nízké, žádné a neznámé.

Extrémní – neakceptovatelné – působení zátěže je extrémně silné, časově pravidelné nebo se může i periodicky opakovat. Je známo nebo předpokládáno vážné poškození lidského zdraví. V lokalitě nelze připustit pracovní a výrobní činnost. Jedná se o vysoce toxické či genotoxické polutanty. Znečištění má formu, při které dochází k vyluhování a migraci kontaminantů do vod. Lokalita případně sousedí s I. či II. pásmem PHO. Do vzdálenosti 500 m ve směru proudění je voda využívána jako pitná nebo k zahrádkářským účelům. Dochází k trvalému poškození nebo likvidaci některých biotopů.

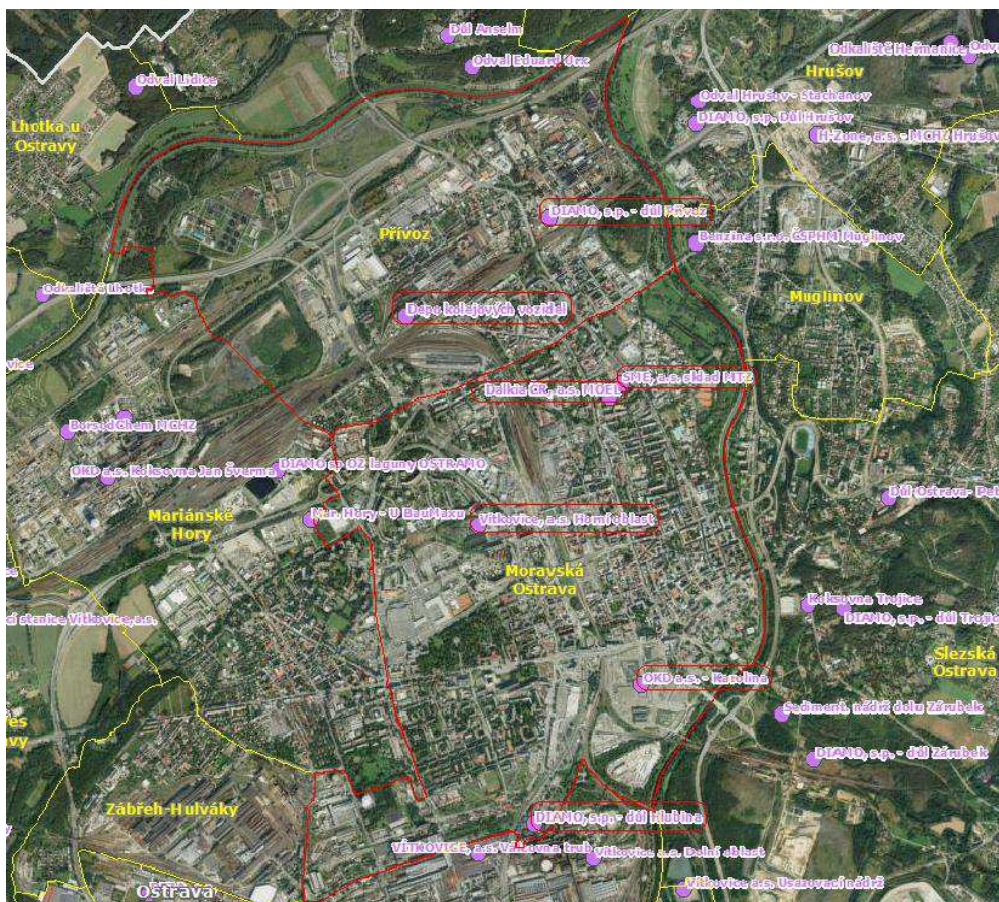
Vysoké – jisté nadprůměrné - působení zátěže je silné, časově nepravidelné, dočasné. Lokalita je zemědělsky využívána, avšak koncentrace nepředstavují neakceptovatelné riziko při požití, inhalaci či kontaktu s kůží. Polutanty se mohou akumulovat v rostlinách či zvířatech v koncentracích, které představují neakceptovatelné riziko. V pracovním prostředí je působení na pracovníky silné, dočasný pracovní cyklus s relativně krátkou dobou expozice. Znečištění vysoce toxickými či genotoxickými polutanty bez přímé přítomnosti populace, ale s možností přítomnosti v budoucnu. Prokázaná či vysoce pravděpodobná kontaminace povrchových vod či zdrojů pitné vody. Je vysoce pravděpodobné poškození některých biotopů.

Střední – průměrné - na hranici přípustného limitu. Pracovníci pracují na lokalitě pouze dočasně s relativně krátkou dobou expozice. Znečištění nízké toxickými polutanty zasahuje nesaturovanou zónu a lze je v současné době sanovat. Potenciální možnost ohrožení jednotlivých typů zdrojů vody. Lokalita nesousedí s I. či II. pásmem PHO. Ve vzdálenosti 2 km po směru proudění v puklinovém kolektoru či do 1 km v průlinovém kolektoru není voda využívána jako pitná či pro jiné citlivé účely. Potenciálně mohou být ohroženy či mírně poškozeny (ne zničeny) některé biotopy.

Nízké – podprůměrné, slabé - srovnatelné s relativními normativy, např. hygienickými limity pro pracovní prostředí. U povrchových vod je znečištění na hranici limitu pro ostatní povrchové vody. Jedná se o znečištění nízké toxickými polutanty. Zasahuje nesaturovanou zónu, ale lze je lehce sanovat. Populace není přítomna nebo není

Žiadné – zanedbatelné, neškodné - riziko nulové.

Neznámé – riziko není známo ani se nedá s vysokou pravděpodobností předpokládat. (STATISTICKÁ ROČENKA ŽP, 2006)



Zdroj: <http://kontaminace.cenia.cz/>

Jednotlivé stupně nebezpečí, kterým mohou staré ekologické zátěže v Moravské Ostravě a Přívoze působit na člověka a životní prostředí, jsou uvedeny v tabulce č.3.

Tabulka 3 Seznam kontaminovaných míst v městské části Moravská Ostrava a Přívoz

Název lokality	Katastr	Kvalitativní riziko	Kvantitativní riziko
DIAMO, s.p. – důl Přívoz	Přívoz	4 - nízké	-
Depo kolejových vozidel	Přívoz	0 - neznámé	-
SME a.s., sklad MTZ	Moravská Ostrava	2 - vysoké	3 - lokální
Dalkia ČR, a.s. MOEL	Moravská Ostrava	3 – střední	-
Vítkovice, a.s. Horní oblast	Moravská Ostrava	3 - střední	2 – regionální
OKD a.s. - Karolína	Moravská Ostrava	4 - nízké	3 – lokální
Diamo, s.p. – důl Hlubina	Moravská Ostrava	4 - nízké	-

Zdroj: Národní geoportál INSPIRE

5.3.2 Památné stromy

Památné stromy je zakázáno poškozovat, ničit a jakkoliv rušit v jejich přirozeném vývoji. Každý památný strom má vymezeno ochranné pásmo, ve kterém není povoleno bez souhlasu orgánu ochrany přírody provádět jakoukoliv činnost, která by mohla být pro památný strom škodlivá, např. výstavba, terénní úpravy, odvodňování, chemizace. Základní ochranné pásmo památného stromu má tvar kruhu o poloměru desetinásobku průměru kmene ve výšce 130 cm nad zemí, pokud není orgánem ochrany přírody stanoveno jinak. K označení památného stromu se používá malý státní znak České republiky.

Na území statutárního města Ostravy je v současnosti orgánem ochrany přírody (Magistrát města Ostravy) vyhlášeno celkem 32 památných stromů. (GACKA, 2011) Šest památných stromů se nachází v městském obvodu Moravská Ostrava. V tabulce č.4 jsou tyto památné stromy uvedeny i s lokalitou, kde se nacházejí a s datem, kdy byly oficiálně vyhlášeny.

Tabulka 4 Seznam evidovaných památných stromů na území městské části Moravská Ostrava a Přívoz

Druh	Katastrální území	Ulice	Datum vyhlášení
Platan javorolistý	Moravská Ostrava	Vojanova	15.12.1981
Platan javorolistý	Moravská Ostrava	Vojanova	13.12.1989
Platan javorolistý	Moravská Ostrava	Blahoslavova	24.07.1996
Platan javorolistý	Moravská Ostrava	Poděbradova	24.10.1996
Buk lesní	Moravská Ostrava	30.dubna	24.12.2012
Dub letní	Moravská Ostrava	Komenského sady	24.12.2012

Zdroj: <http://jitrocel.ostrava.cz/cs/zvlaste-chranene-casti-prirody-v-ostrave/pamatny-strom>

5.3.3 Zvolená lokalita – Areál výstaviště Černá louky

Areál výstaviště Černá louka se nachází v centru města Ostravy v blízkosti Masarykova náměstí. Rozloha areálu je 6 ha a celková zastavěná plocha výstaviště je 9 300 m². V areálu je umístěno devět objektů, z toho dva kongresové a výstavní pavilóny. Dominantní stavbou areálu je pavilón A, který disponuje výstavní plochou 6 300 m². Pavilón A je tvoří původní historická budova z roku 1960 a nová hala s parkovacími prostory. Ostatní prostory slouží realitní činnosti. Areál je rovněž tvořen parkovou zónou, která poskytuje návštěvníkům místo pro odpočinek. (PONDĚLÍČKOVÁ, 2011) V parkové zóně můžeme najít přírodní památku Rovninské balvany.

Jedná se o skupinu bludných balvanů, která je charakteristická vzorkem velkých eratických bloků, transportovaných pevninským ledovcem. Objeveny byly v roce 1958 při těžbě v Hlučíně-Rovninách. V roce 1964 byly přesunuty na současné stanoviště a vyhlášeny přírodní památkou. Zabírají celkovou výměru 25 m². (WEISSMANNOVÁ, 2004)

Zhruba do roku 1870 byla Černá louka bezvýznamným místem v centru Ostravy. Od roku 1870 se zde začaly vyvážet výpěrky z koksoven Centrála a Karolína. Halda byla původně navážena pomocí úzkokolejné dráhy, ale v roce 1911 byla halda tak vysoká, že byla vybudována lanovka. Roku 1917 měla halda s několika vrcholy již 25 m na výšku a zabírala plochu skoro 5 ha. Uloženo zde bylo více než 700 000 m³ hlušiny. K zásadní změně došlo v roce 1935, kdy začaly státní dráhy budovat nové trati a zjistily, že propustná haldovina je vhodným materiálem na násyp. Celá halda byla odklizená v období od srpna 1935 do října 1936. (PONDĚLÍČKOVÁ, 2011).

V celém areálu se nachází antropogenní půda, která byla do areálu navezena po odvezení hlušiny a později na ní bylo vybudováno současné výstaviště.

Na Černé louce jsou vysázeny převážně jehličnaté dřeviny a to především borovice lesní (*Pinus sylvestica*), borovice černá (*Pinus nigra*), borovice kleč (*Pinus mugo*) a mnoho různých druhů tují.

6 STANOVENÍ METODIKY SBĚRU A ANALÝZA VZORKŮ

6.1 Sběr vzorků

Jehlice byly odebrány ze 7 stromů borovice kleč rostoucích v areálu Černá louka. Polohové souřadnice a výšky jednotlivých stromů jsou uvedeny níže.

Tabulka 5 Údaje o výšce a šířce kmene vybraných stromů

	Výška (m)	Průměrná šířka kmene (cm)	Poloha
1	2,8	29	N 49° 49,958′ E 18° 17,754′
2	1,65	32	N 49° 49,957′ E 18° 17,754′
3	3,5	38	N 49° 49,962′ E 18° 17,666′
4	2,7	35,7	N 49° 49,957′ E 18° 17,659′
5	1,80	20	N 49° 49,952′ E 18° 17,637′
6	2	33	N 49° 50,010′ E 18° 17,659′
7	2,3	46	N 49° 50,011′ E 18° 17,661′

Všechny stromy, až na stromy č.3 a 4, se nacházely buď v blízkosti silnic, vedoucí v těsné blízkosti okolo areálu nebo spojující jednotlivé budovy uvnitř areálu, nebo vedle parkovišť u budov.

Jehlice byly odebrány za dva ročníky, tedy rok 2010 a 2011, a odběr byl proveden ze všech světových stran. U každého stromu byl proveden směsný vzorek pro každý ročník a jehlice byly ukládány do papírových sáčků. Celkem bylo odebráno 140 jehlic jak za rok 2010, tak 2011.

6.2 Určování indexu nekrotizace jehlic

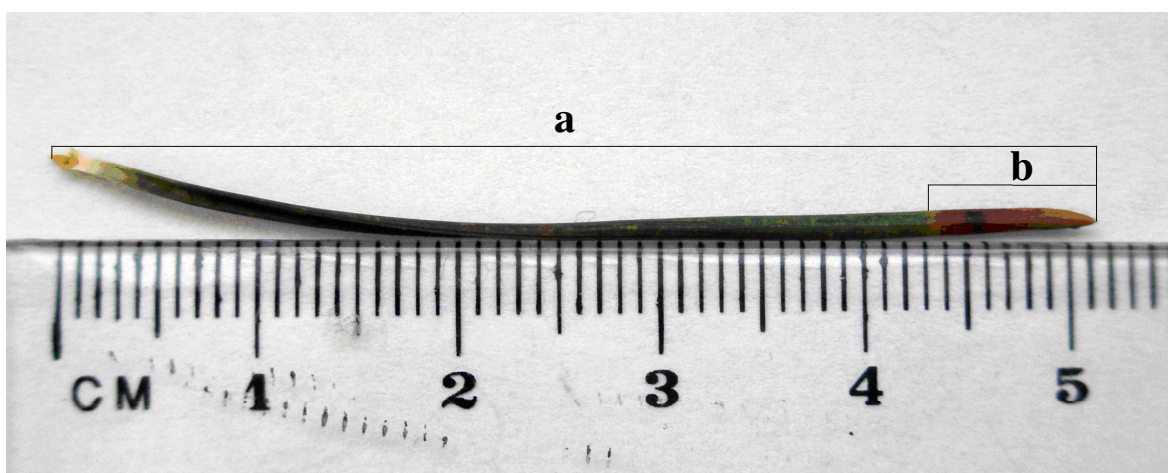
Pro určení indexu nekrotizace byla použita autorizovaná metodika od Vladimíra Jamricha (1994).

Nekrotizace nastupuje po depigmentaci listu v důsledku kolapsu buněk palisádového i houbovitého parenchymu, také buněk průduchů, kterými se vlastně zrealizovala imisní intoxikace a chemická otrava.

Indexem nekrotizace se rozumí číselná hodnota, která definuje rozsah definitivně vyřazené plochy nebo hmoty listu v % z aktivní metabolické činnosti v důsledku imisního ovlivnění.

Postup

Odebrané vzorky jehlic jsou měřeny bez brachyblastu. Nejprve se odměří celá délka jehlice (a) a poté délka její nekrózy (b), jak je znázorněno na obrázku níže.



Obrázek 5 Měření nekrotizace jehlice (HABRAMOVÁ, 2012)

Index nekrotizace se vypočítá z naměřených hodnot pomocí vzorce:

$$x = \frac{100 * b}{a} = I_n \%$$

Měřením $I_n \%$ se vytřídí jehlice do variačních tříd, které byly pomocí Sturgesova pravidla (k) vypočítány.

$$k = 1 + 3,31 \log(n)$$

Vytříděním jehlic do variačních tříd dostáváme obraz o nejčastějších délkách jehlic, které nejčastěji podléhají nekrotizaci.

6.3 Výpočet základních statistických charakteristik

Pro oba ročníky jehlic byly vypočítány následující statistické charakteristiky.

6.3.1 Centrální míry

Aritmetický průměr

Jedná se o součet všech hodnot v určitém souboru dat (x) a jeho vydělením celkovým počtem případů (n). (MAGNELLO, 2010)

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Střední hodnota

Střední hodnota proměnné x , která nabývá hodnot, z nichž je některá minimální (x_{\min}) a některá maximální (x_{\max}), je každá hodnota x_{str} , pro kterou platí:

$$x_{\min} \leq x_{\text{str}} \leq x_{\max}$$

Mezi hodnoty x_{str} , můžeme uvést x_{\min} , x_{\max} , modus, medián, dolní a horní kvartil apod. (PAVELKA, 2000)

Medián

Bod, který dělí dané hodnoty souboru na spodní polovinu a horní polovinu, a to tak, že 50 % hodnot se nalézá v jedné polovině a 50 % v druhé (MAGNELLO, 2010). Při lichém počtu hodnot je medián snadno určen, při sudém počtu členů je medián aritmetickým průměrem prostředních dvou členů posloupnosti (KUBÁNOVÁ, 2008). Na rozdíl od aritmetického průměru je medián necitlivý k extrémním hodnotám, protože závisí na jedné, nejvýše dvou prostředních hodnotách souboru. (SOUČEK, 2006)

Modus

Jedná se o hodnotu, která se v souboru objevuje častěji než ostatní. Je to bod maximální četnosti. (MAGNELLO, 2010) Je-li v souboru jen jeden modus, mluvíme o typické hodnotě statistického znaku v daném náhodném výběru (KUBÁNOVÁ, 2008).

$$\hat{x} = d_m + \frac{n_m - n_{m-1}}{2n_m - n_{m-1} - n_{m+1}} * h$$

Kvartily

Rozdělují uspořádanou řadu hodnot na 4 stejné části. Dolní kvartil (\tilde{x}_{25}) odděluje 25 % jednotek s nejnižšími hodnotami, střední kvartil (\tilde{x}_{50}) odděluje 50 % jednotek s nízkými hodnotami a 50 % jednotek s hodnotami vysokými. Horní kvartil (\tilde{x}_{75}) odděluje 75 % jednotek s nízkými hodnotami od 25 % jednotek s hodnotami vyššími. (SOUČEK, 2006)

Kvartilové rozpětí (IQR)

Tato metoda měří rozptýlení 50 % středních (mediánových), podle velikosti uspořádaných, hodnot. (MAGNELLO, 2010)

$$R_Q = \tilde{x}_{0,75} - \tilde{x}_{0,25}$$

6.3.2 Míry variability

Variační rozpětí

Jde o rychlou, jednoduchou, ale pouze orientační charakteristiku variability založenou na informaci o maximální a minimální hodnotě v souboru.

$$R = x_{\max} - x_{\min}$$

Při použití variačního rozpětí musíme vždy pamatovat na to, že hodnoty minima a maxima v souboru mohou mít charakter nahodilých extrémů a tím dochází ke zvětšení naší představy o míře variability ve zkoumaném souboru. (SOUČEK, 2006)

Rozptyl

Je nejznámější a nejuzívanější mírou variability. Užívá se spíše pro náhodnou proměnnou a označuje rozsah, v němž se hodnoty této proměnné rozptylují kolem hodnot očekávaných. (MAGNELLO, 2010)

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

Směrodatná odchylka

Jedná se o absolutní míru variability. Ukazuje, jak široce nebo úzce se rozprostírají hodnoty určitého souboru dat v rozdělení a na kolik se každá jednotlivá hodnota odchyluje

od aritmetického průměru. Směrodatná odchylka = druhá mocnina průměru druhých mocnin odchylek (tj. druhá odmocnina rozptylu). (MAGNELLO, 2010)

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

Variační koeficient

Variační koeficient je relativní mírou variability. Je definován jako podíl směrodatné odchylky a aritmetického průměru.

$$v_x = \frac{S_x}{\bar{x}}$$

Variační koeficient je bezrozměrnou veličinou, proto se může využívat k porovnání různých proměnných, vyjadřovaných různými jednotkami. (MAGNELLO, 2010) Obvykle je tento poměr prezentován v procentech. Pak udává, z kolika procent se v průměru odchylují jednotlivé hodnoty od aritmetického průměru. (SOUČEK, 2006)

$$v_x = \frac{S_x}{\bar{x}} * 100\%$$

Rozdělení četností

Transformuje rozsáhlé skupiny čísel do zvládnutější podoby a ukazuje, jak často se určitá položka nebo jednotka objevuje. (MAGNELLO, 2010)

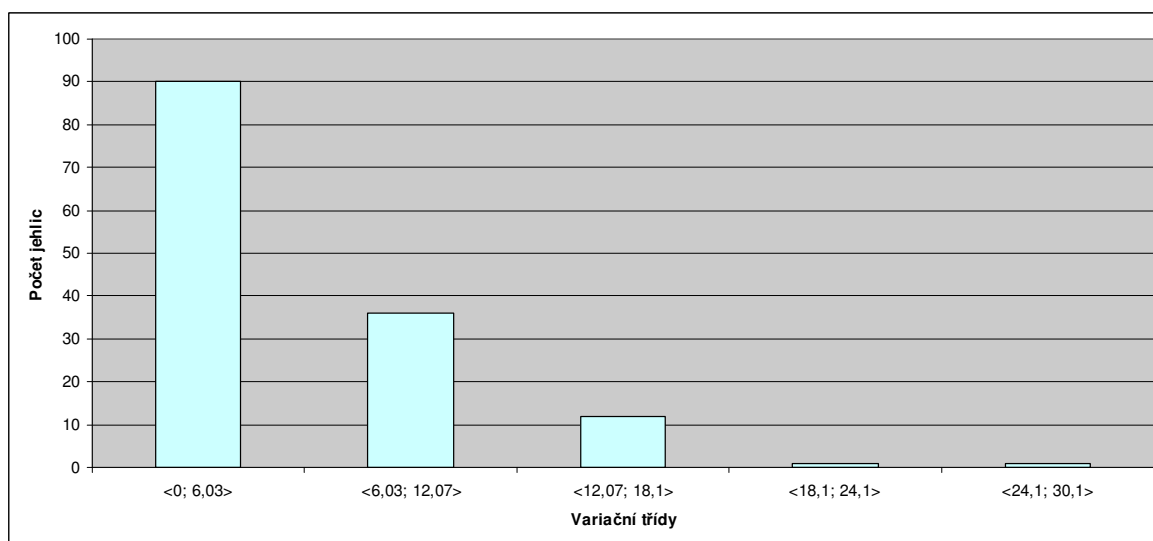
Rozpětí

Nejjednodušší metoda užívaná ke stanovení míry variability. Rozpětí vyjadřuje vzdálenost mezi největší a nejmenší hodnotou určitého souboru měření a poskytuje představu o rozptýlení dat. Výhodou je jednoduchost, ale jedná se o nejméně spolehlivou míru variability, protože se při jejím stanovení nepoužívají všechny údaje a výsledek bývá ovlivněn odlehlými hodnotami. (MAGNELLO, 2010)

7 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

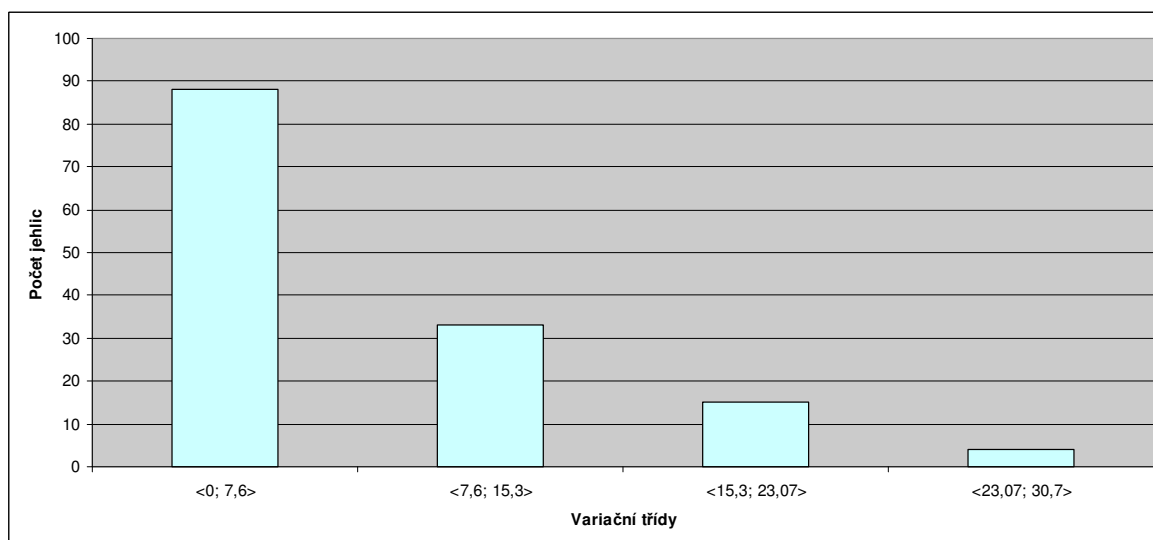
Index nekrotizace a statistické charakteristiky

Index nekrotizace byl vypočítán pro všechny odebrané vzorky, jejich hodnoty jsou uvedeny v příloze č. 1. Pomocí Sturgesova pravidla byly vypočítány třídní intervaly pro každý ročník jehlic. Poté byly do variačních tříd zařazeny spočítané počty naměřených jehlic. Výpočet variačních tříd je přiložen v příloze č.2.



Graf 1 Četnost jehlic ve variačních třídách za rok 2010

Z grafu 1 vyplývá, že nejčetnější variační třídou je první třída v intervalu od 0 do 6,03 %. Nejčastější hodnoty indexu nekrotizace se pohybovaly v tomto rozmezí a do této třídy spadá 90 kusů jehlic.



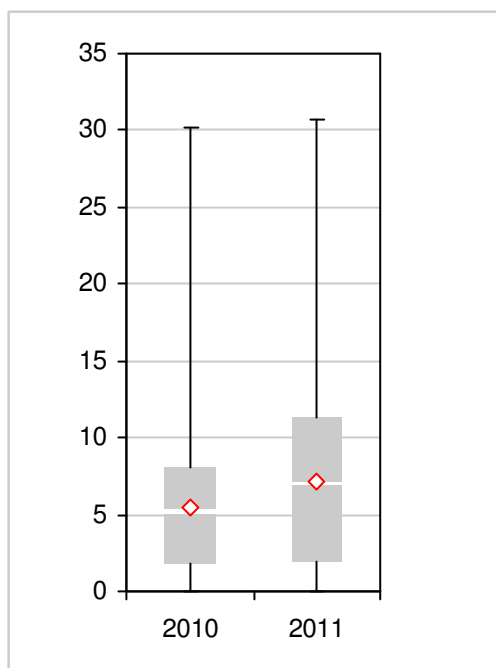
Graf 2 Četnost jehlic ve variačních třídách za rok 2011

V grafu 2 je také nejčtenější první variační třída, ve které se hodnoty pohybují v rozmezí od 0 do 7,6 %. Do této třídy patří 88 jehlic.

Tabulka 6 Vypočtené statistické charakteristiky pro ročníky jehlic 2010 a 2011

Statistická charakteristiky	2010	2011
Průměr	5,490087	7,188764
Minimum	0	0
Dolní kvartil	1,818182	1,923077
Medián	5,241184	6,995954
Horní kvartil	8,004386	11,27451
Maximum	30,18868	30,76923
Střední hodnota	15,09434	15,38462
Modus	0	0
Kvartilové rozpětí	6,186204	9,351434
Směrodatná odchylka	4,992281	6,800765
Rozptyl	24,92287	46,2504
Variační koeficient	0,909326	0,945714

Statistické hodnoty, které byly vypočteny pro rok 2010 a 2011 (Tab.6.) byly použity pro vytvoření krabicového grafu.



Graf 3 Krabicový graf statistických charakteristik za rok 2010 a 2011

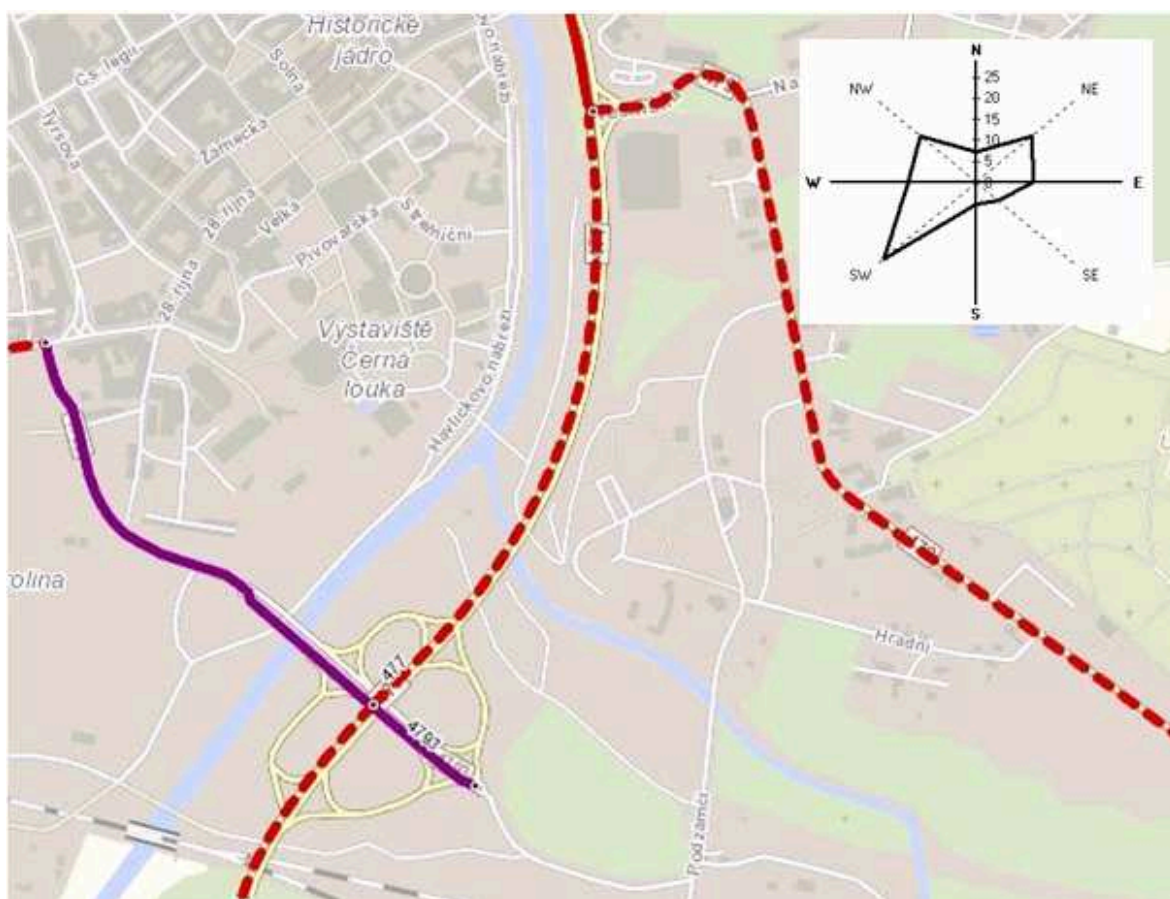
Krabicový graf výše nám zobrazuje všechny důležité statistické charakteristiky pohromadě. Nejnižší hodnotou u obou ročníků je 0, zatím co nejvyšší hodnotou (maximem) je 30,1 pro rok 2010 a 30,7 pro rok 2011. Střední hodnotou, tzv. mediánem, která rozděluje skupinu dat na dvě poloviny je u ročníku 2010 hodnota 5,2, pro ročník 2011 je to hodnota 6,9. Dále máme v grafu mezikvartilové rozpětí, které nám udává

hodnoty pro oblast prostředních 50 %, v tomto případě se jedná o hodnoty 6,2 a 9,4. Dolní kvartil (\tilde{x}_{25}) má hodnotu 1,8 pro rok 2010 a 1,9 pro rok 2011. Horní kvartil (\tilde{x}_{75}) nabývá hodnot 8,004 pro ročník 2010 a 11,3 pro ročník 2011. Poslední hodnotou znázorněnou v grafu je průměr, který je pro rok 2010 5,5 a 7,2 pro rok 2011.

Výpočet emisí z dopravy pro úsek silnice II/477

Emise z dopravy byly vypočítány pro úsek silnice II/477, jedná se o ulici Frýdeckou. Jak je patrné z větrné růžice na obrázku č.6, v této oblasti převládá severozápadní vítr, který unáší většinu znečišťujících látek z dopravy k areálu Černé louky, kde jsou tyto látky zachytávány rostoucí vegetací.

Okolo areálu vede po Havlíčkově nábřeží také místní komunikace, která je ale minimálně vytižena a nejsou o ní zaznamenána žádná sčítání.



Obrázek 6 Měření úsek silnice II/477

Zdroj: <http://scitani2010.rsd.cz>

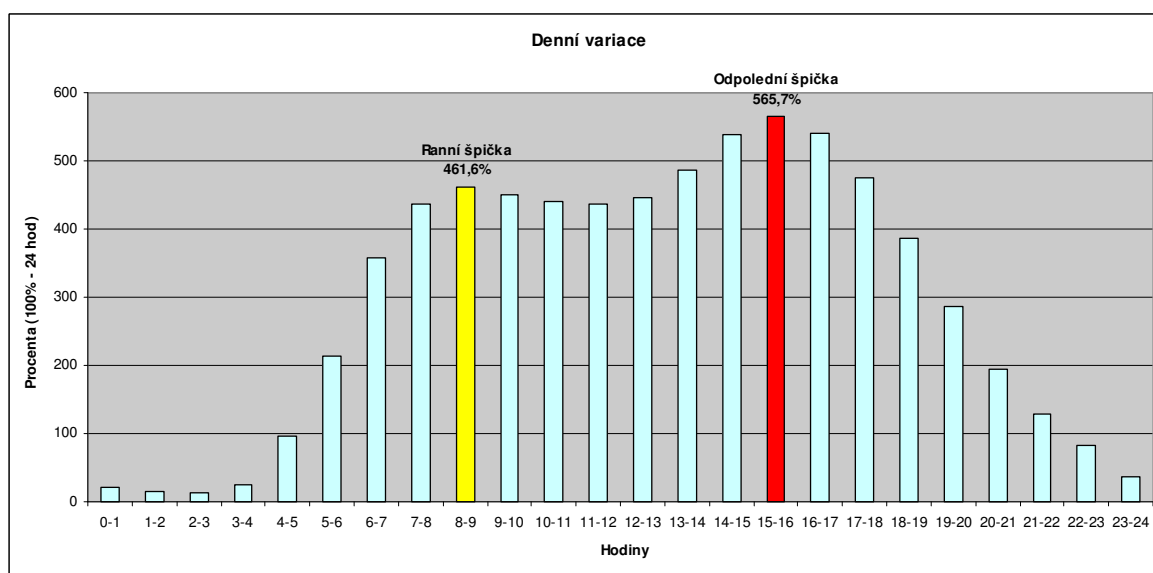
Pro daný úsek byly vypočítány denní, týdenní a roční variace dopravní intenzity pro osobní automobily, autobusy a těžká vozidla. Jednotlivé variace byly vypočítány pro různá paliva. Jako příklad pro vyhodnocení použijí osobní automobily jezdící na benzín,

autobusy na diesel a těžká vozidla jezdící také na diesel. Výpočty pro ostatní paliva a jejich grafy variací jsou uvedeny v příloze č. 3 a č.4.

Vycházelo se z celkového počtu automobilů, které úsekem silnice II/477 denně projedou. Počet osobních automobilů je 10 330, autobusů 29 a těžkých vozidel 2 493. Abychom získali týdenní a roční počet automobilů, byly hodnoty vynásobeny 52 a 365. Dále byly vypočteny poměry jednotlivých paliv. Poměry k palivům byly zjištěny na stránkách Ministerstva vnitra, kde je veden Centrální registr vozidel. Poměry se spočetly tak, že se z osobních automobilů (autobusů, těžkých vozidel) jezdících na benzín, diesel, LPG a CNG vypočetla suma a z té se vypočetla procenta zastoupení v této celkové sumě. Poté se počty aut za den (týden, rok) vynásobily daným poměrem a z výsledných hodnot byl vypočítán vážený průměr. Vážené průměry pro denní, týdenní a roční variace byly násobeny přepočtovými koeficienty, které jsou uvedeny v TP 189 – Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích.

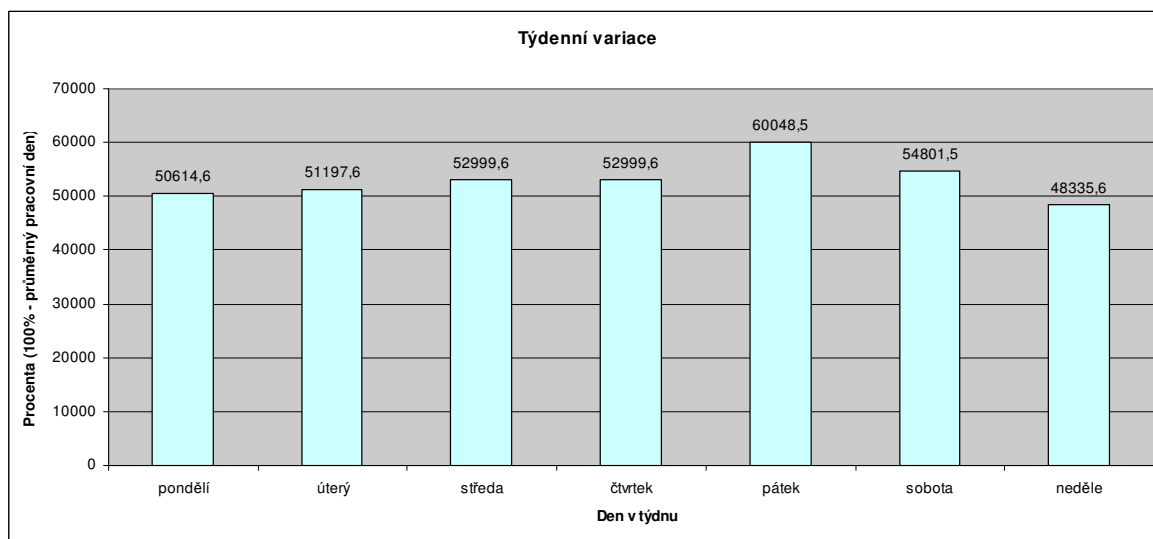
Osobní automobily

Denní variace nám ukazuje změny intenzity dopravy v průběhu 24 hodin. Dopoludní špičkovou hodinou v pracovní den je 9 – 10 a odpolední špičkovou hodinou je pak doba mezi 15 – 16. Jak je vidět na grafu 4, největší dopravní vytížení měřeného úseku je od 6 – 18 hodin.



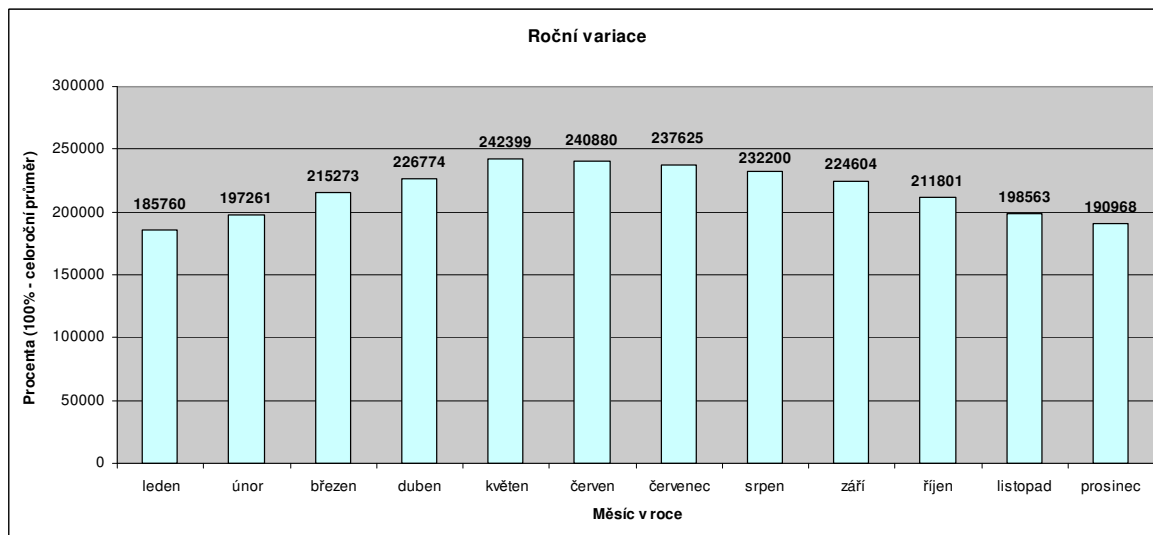
Graf 4 Denní variace dopravy

Týdenní variace zachycují změny intenzity dopravy během celého týdne. Na grafu 5 jsou vidět procentní podíly z týdenního průběhu dopravy pro jednotlivé dny v týdnu, kde můžeme vidět, že mírně nadprůměrným dnem je pátek.



Graf 5 Týdenní variace dopravy

Roční variace dopravy (graf 6) uvádějí změny dopravní intenzity v jednotlivých měsících v roce. Mírně nadprůměrnými je období od května do srpna, což může být způsobeno zejména obdobími dovolených a letních prázdnin.

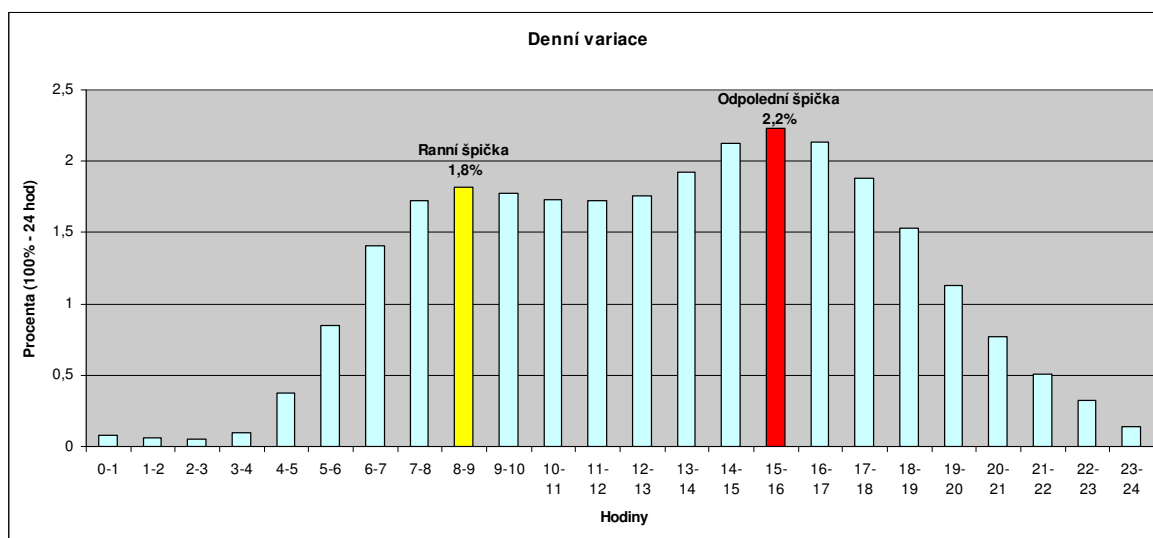


Graf 6 Roční variace dopravy

Autobusy

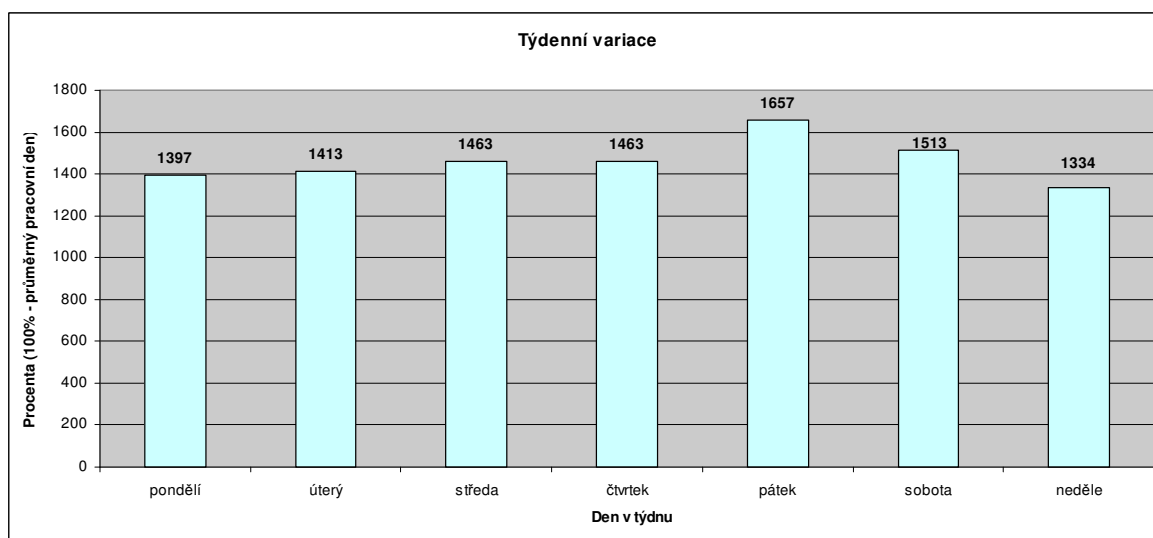
Ranní špička od 9 do 10 hodin je zhruba 1,8%, odpolední od 15 do 16 hodin je 2,2%, jak můžeme vidět na obrázku níže (graf 7). Rozdíl mezi ranní a odpolední špičkou je

tedy minimální, 0,4%. V období od 6 do 18 hodiny se odehrává zhruba 22,2 % dopravních výkonů, v době od 6 do 22 je to pak 22,5 %.



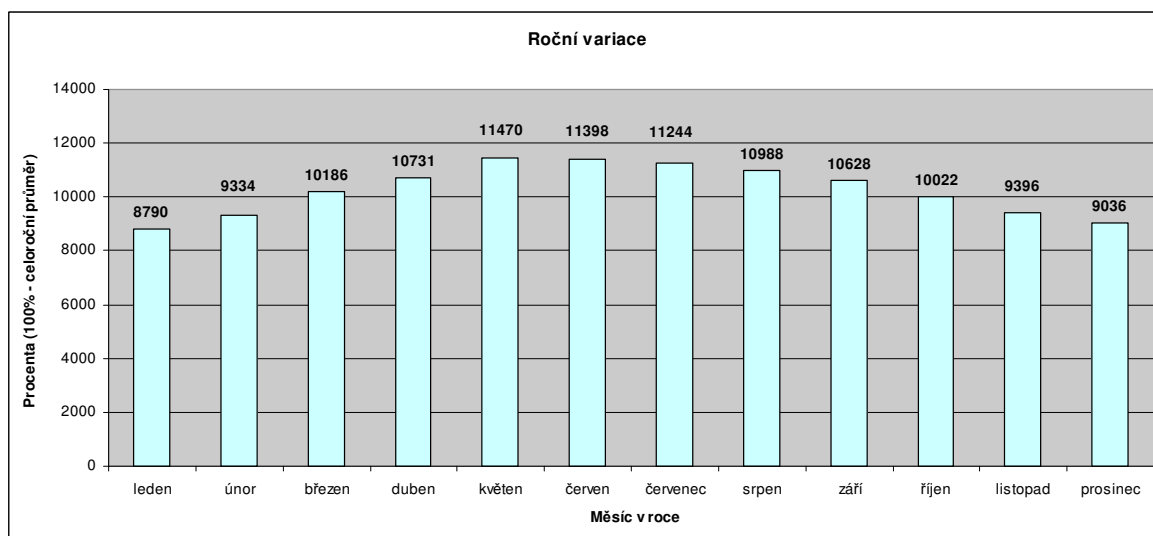
Graf 7 Denní variace autobusové dopravy

Stejně jako u osobních automobilů, i u autobusů je mírně nadprůměrným dnem v týdenní intenzitě dopravy (graf 8) rovněž pátek.



Graf 8 Týdenní variace autobusové dopravy

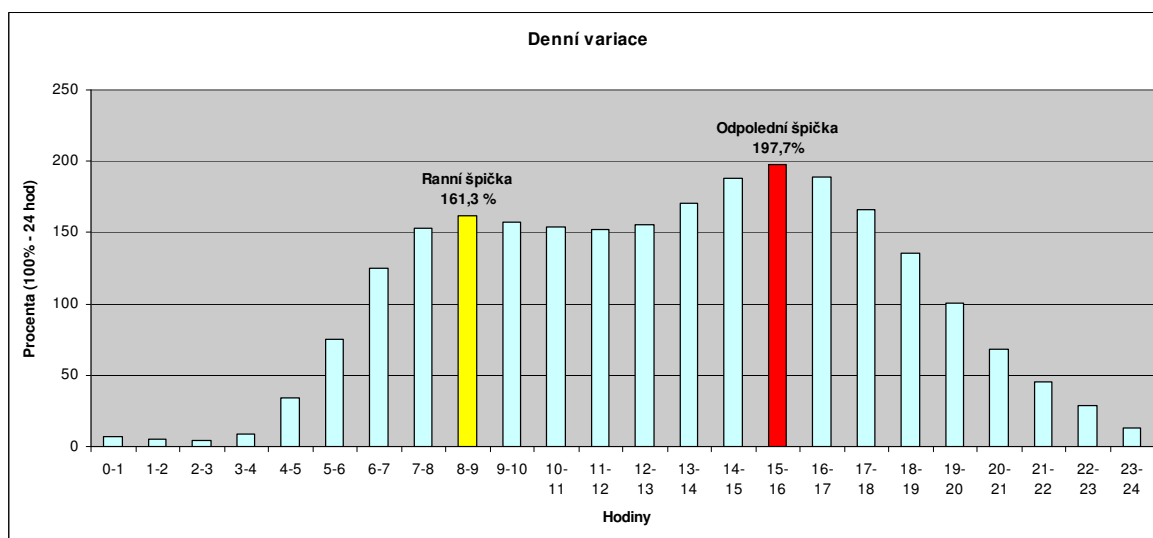
V grafu 9 je uvedeno dopravní zatížení v jednotlivých měsících (v procentech) v roce. Jako u osobních automobilů, nadprůměrnými měsíci jsou květen, červen a červenec.



Graf 9 Roční variace autobusové dopravy

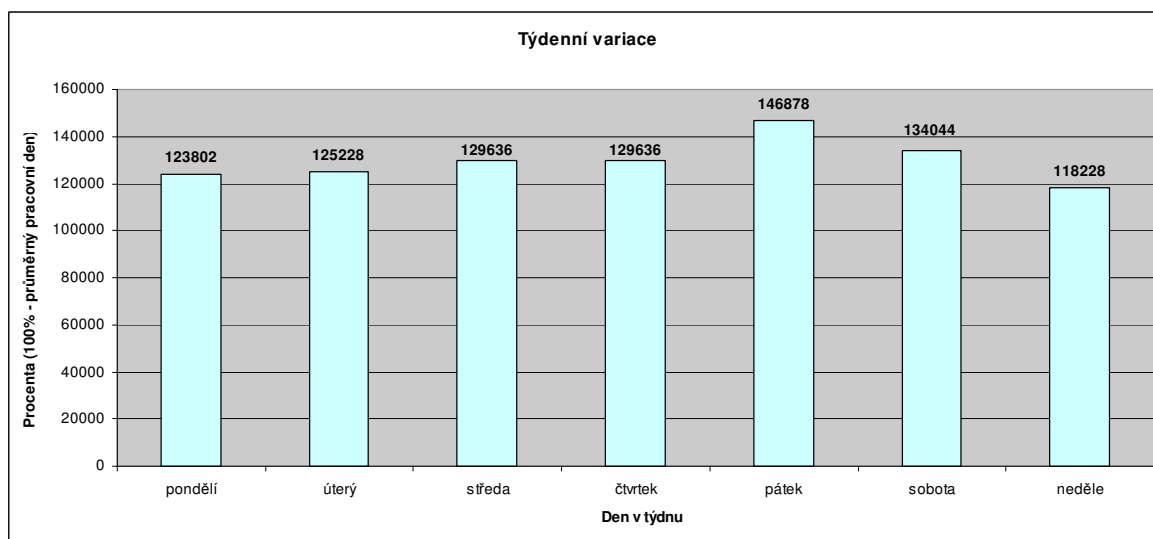
Těžká vozidla

Stejně jako u osobních automobilů a autobusů, dochází během pracovního dne k výraznější intenzitě dopravy v době ranní a odpolední špičky (graf 10). Rozdíl mezi hodnotou ranní špičky a poledním sedlem pracovního dne (12-13) je zhruba 5,7 %. Rozdíl mezi hodnotami odpolední špičky je výraznější, zhruba 42,1 %.



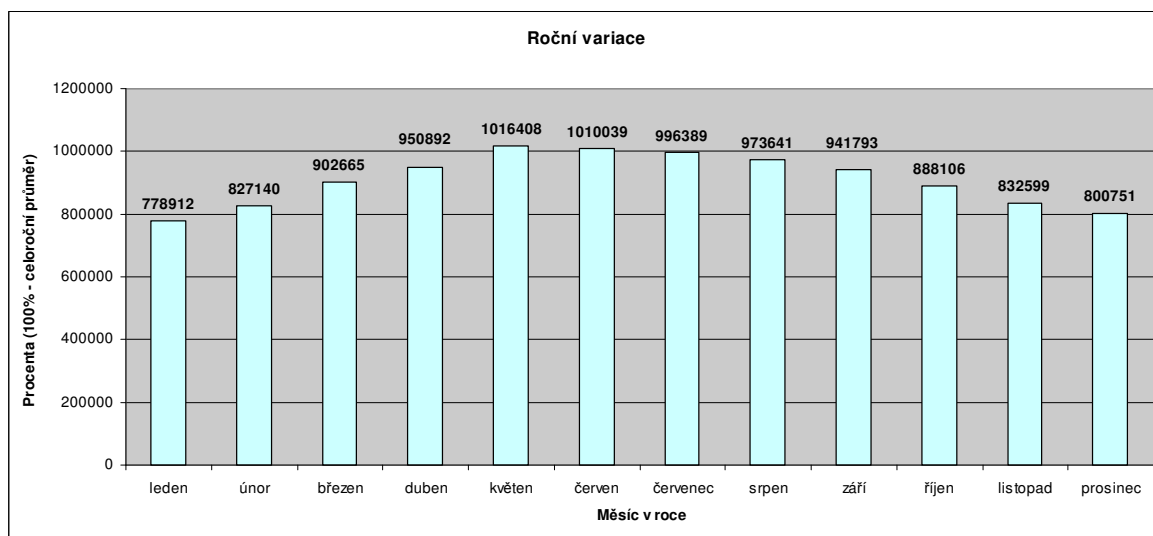
Graf 10 Denní variace dopravy těžkých vozidel

U týdenní intenzity dopravy (graf 11) jsou pracovní dny vyrovnané, až opět na mírně nadprůměrným pátek.



Graf 11 Týdenní variace dopravy těžkých vozidel

U ročních variací (graf 12) začíná intenzita dopravy pozvolna stoupat od března, což může být způsobeno začínajícími stavebními pracemi, které do počtu vozidel značně zasáhnou. Od května do července je intenzita dopravy velmi vyrovnaná.



Graf 12 Roční variace dopravy těžkých vozidel

Výpočet emisí

Pro všechny kategorie vozidel byly vypočítány emisní faktory pomocí programu MEFA v.02. Hodnoty pro jednotlivé znečišťující látky jsou zapsány v tabulce č.7. Emisní faktory byly použity pro výpočet ročních emisí z dopravy pro úsek silnice II/477 (Tab.8).

Pro výpočet ročních emisí byl použit vzorec:

$$ZL = \text{Emisní faktor} * \text{počet automobilů za den} * 365$$

Tabulka 7 Emisní faktory znečišťujících látek pro jednotlivé kategorie vozidel (g/km)

Emisní faktory	Osobní automobil				Autobus			Těžké vozidlo
	benzín	diesel	LPG	CNG	diesel	LPG	CNG	diesel
CO	4,0352	0,2062	11,3674	0,5684	21,1723	0,3947	0,0351	23,0134
NO _x	6,0877	1,3943	1,759	0,0358	21,0668	1,7236	2,3005	34,9597
NO ₂	0,0304	0,112	0,0088	0,0007	1,2742	0,0345	0,046	1,751
SO ₂	0,0036	0,003	0	0	0,0182	0	0	0,0122
C _x H _y	3,0049	0,0858	8,4466	0,0928	4,7047	4,4296	2,476	3,3465
PM	0,0031	0,3448	0,0031	0,0011	3,7019	0,0028	0,0029	2,4907
PM ₁₀	0,003	0,331	0,003	0,0011	3,4797	0,0028	0,0028	2,3413

Tabulka 8 Roční emise pro jednotlivé kategorie vozidel (g/rok)

Znečišťující látka	Osobní automobil				Autobus			Těžké vozidlo
	benzín	diesel	LPG	CNG	diesel	LPG	CNG	diesel
CO	15214520	777466,79	42860213	2143123,8	224108,8	4177,8995	371,5335	20940928,26
NO _x	22953368	5257138,4	6632221,6	134982,11	222992,1	18244,306	24350,793	31811404,22
NO ₂	114621,68	422290,4	33179,96	2639,315	13487,41	365,1825	486,91	126592,047
SO ₂	13573,62	11311,35	0	0	192,647	0	0	11101,329
C _x H _y	11329825	323504,61	31847483	349897,76	49799,25	46887,316	26208,46	3045130,943
PM	11688,395	1300051,2	11688,395	4147,495	39184,61	29,638	30,6965	2266400,012
PM ₁₀	11311,35	1248019	11311,35	4147,495	36832,62	29,638	29,638	2130454,229

Součtem všech hodnot u jednotlivých znečišťujících látek a jednotlivých kategorií vozidel, byly získány celkové roční emise z automobilové dopravy na úseku silnice II/477 (Tab.9).

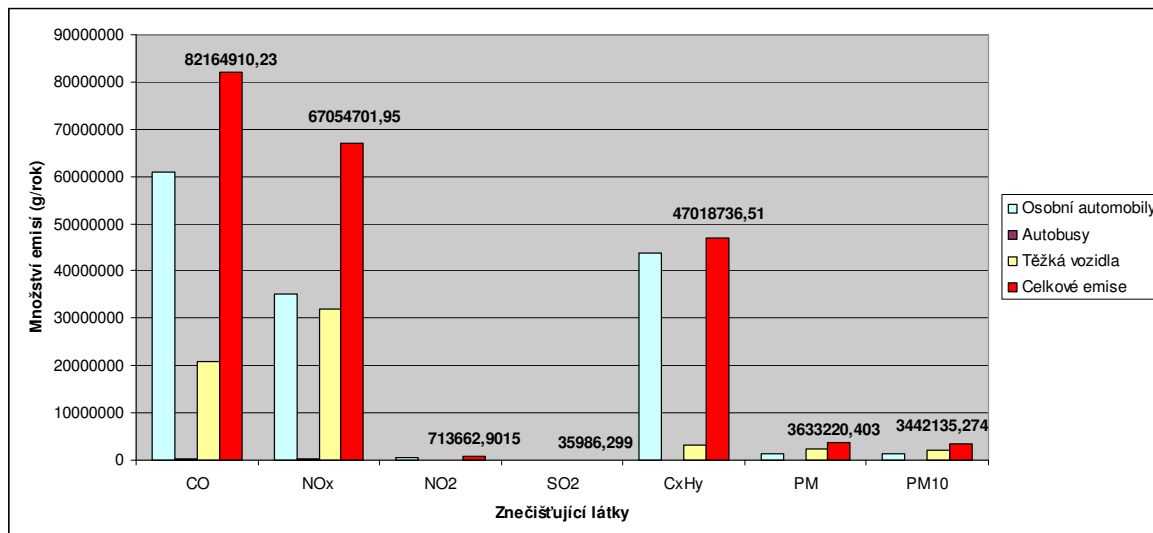
Tabulka 9 Celkové roční emise (g/rok)

Znečišťující látka	Osobní automobily	Autobusy	Těžká vozidla	Celkové emise
CO	60995324	228658,23	20940928	82164910
NO _x	34977711	265587,18	31811404	67054702
NO ₂	572731,36	14339,5	126592,05	713662,9
SO ₂	24884,97	0	11101,329	35986,299
C _x H _y	43850711	122895,03	3045130,9	47018737
PM	1327575,4	39244,946	2266400	3633220,4
PM ₁₀	1274789,1	36891,901	2130454,2	3442135,3

Jak je patrné z grafu 13 níže, největší podíl na celkových emisích mají osobní automobily, které ročně emitují do ovzduší zhruba 61 mil. g oxidu uhelnatého (CO). Celkové množství těchto emisí z celé dopravy je 82 mil. g/rok.

Druhou nejvyšší hodnotou jsou emise oxidů dusíků (NO_x), které dosahují množství zhruba 67 mil. g/rok. Značnou mírou k tomu přispívají jak osobní automobily (35 mil. g/rok), tak těžká vozidla, která emitují 32 mil. g NO_x do ovzduší ročně.

Poslední vyšší hodnotou je množství uhlovodíků (C_xH_y), které ročně dosáhne množství 47 mil. g. Svůj podíl na tom mají opět zejména osobní automobily, které přispívají množstvím cca.44 mil. g/rok.



Graf 13 Podíl jednotlivých typů dopravy na celkovém množství emisí

Srovnání s velkými znečišťovateli

Největšími průmyslovými znečišťovateli v okolí jsou ArcelorMittal Energy Ostrava s.r.o. a Evraz Vítkovice Steel, a.s.

Emise vypouštěných látek jsou ohlašovány do Integrovaného registru znečištění. Množství emisí vypuštěných do ovzduší je uvedené v tabulce č.10. Dané hodnoty byly ohlášeny za rok 2010.

Tabulka 10 Ohlášené roční emise velkých zdrojů (kg/rok)

Znečišťující látka	ArcelorMittal Energy Ostrava s.r.o.	Evraz Vítkovice Steel, a.s.
CO ₂	1808213000	189425000
NO _x	2840640	255515
SO ₂	3521965	0
PM ₁₀	102109	0

Tabulka 11 Procentuelní vyjádření ročních emisí z velkých zdrojů a emisí z dopravy

Znečišťující látka	ArcelorMittal Energy Ostrava s.r.o.	Evraz Vítkovice Steel, a.s.	Celkové emise z úseku č. 477
CO ₂	0,004543984	0,043375959	36460,57457
NO _x	2,3605491	26,24296106	25650,21342
SO ₂	0,001027238	0	468,7726582
PM ₁₀	3,37104004	0	9761,912058

Pokud srovnáme procentuelní vyjádření ročních emisí z velkých průmyslových zdrojů s emisemi z dopravy (Tab.11), pak zjistíme, že ve srovnání s automobilovou dopravou je vliv znečištění velkých zdrojů v okolí Černé louky zanedbatelný. Znečištění blízkého okolí zde má v největší míře na svědomí doprava na úseku silnice II/477.

8 ZÁVĚR

Znečištění ovzduší na Ostravsku je stálým problémem. Svůj podíl na tom nese jak automobilová doprava, tak velcí průmysloví znečišťovatelé. Oba zdroje emitují ročně do ovzduší obrovské množství různých znečišťujících látek, z nichž je většina považována za skleníkové plyny.

V první a druhé kapitole můžeme najít popis ostravské vegetace a vybrané druhy dřevin použité pro následnou analýzu.

Vliv znečištění ovzduší se projevuje na vegetaci různými způsoby. Samozřejmě závisí také na druhu škodlivé látky. Škodlivé látky mohou mít na vegetaci vliv buď přímý, toxický nebo nepřímý, což se nejčastěji projevuje především změnou pH půdy. Mezi nejčastější příznaky poškození patří snížení fotosyntetické aktivity, zpomalení dýchání, chloróza listů a jehličí, nekróza špiček jehlic, popřípadě opadání listů a jehličí. Prachové částice působí negativně tím, že zakrývají čepele listů a tím snižují průnik světla, což opět vede ke zpomalení fotosyntézy. Příznaky poškození vegetace jednotlivými znečišťujícími látkami jsou blíže popsány ve třetí kapitole práce.

Ve čtvrté kapitole práce je vytyčena oblast monitoringu a její bližší popis. Zájmovou oblastí byl zvolen areál Černé louky, v městské části Moravská Ostrava a Přívoz, protože v okolí jsou velké průmyslové zdroje znečištění a okolo areálu vede rušná silnice. Pro výzkum byl zvolen zástupce jehličnatých dřevin, borovice kleč (*Pinus mugo*). Jehličnany byly zvoleny proto, protože si udrží své jehličí po celý rok, někdy i po dobu několika let, proto jsou jehlice citlivější na poškození z chronické expozice látek znečišťující ovzduší.

V kapitole páté byla stanovena metodika sběru vzorků a následný postup při práci s nimi. U odebraných vzorků, vždy za rok 2010 a 2011, byl zjišťován index nekrotizace a pro jednotlivé ročníky byly vypočítány statistické charakteristiky.

Dále byly vypočítány emise z dopravy pro úsek silnice II/477, vedoucí v těsné blízkosti areálu. Emise byly počítány zejména pro hlavní škodlivé látky, jako jsou oxid uhelnatý, oxidy dusíku, oxid siřičitý, uhlovodíky a poléťavý prach. Roční emise z dopravy byly srovnány s emisemi velkých znečišťovatelů, ArcelorMittal Energy Ostrava s.r.o. a Evraz Vítkovice Steel, a.s., které své úniky hlásí na IRZ.

Nekrotizace na jehlicích odebraných vzorků je v největší míře způsobena především působením znečišťujících látek, které jsou vegetací zachytávány z úseku silnice II/477. Dále může negativně působit zhutnění kořenového systému, který se nemá kde rozrůstat, protože všechny stromy jsou ohrazeny silnicemi nebo parkovištěm. Negativní vliv má také nedostatek závlahy. Vliv velkých znečišťujících zdrojů je minimální. Ve srovnání s emisemi dopravy jsou emise z ArcelorMittal Energy Ostrava s.r.o. a Evraz Vítkovice Steel, a.s. zanedbatelné.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ANINDITA, B. 2009: *Environmental studies*. India: Laksmi offset printers, 303 pp.

ANDERSSON, F. 2005: *Coniferous forests*. Amsterdam: Elsevier, 633 pp.

EKOPORADNA MSK. *Atlas životního prostředí Moravskoslezského kraje* [online]. Ostrava, Aktualizace 2010 [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <<http://ekoporadna.kr-moravskoslezsky.cz/cz/aktuality/atlas-zivotniho-prostredi-moravskoslezskeho-kraje-18581/>>.

BARTOŠ, L. 2007: *Stanovení intenzity dopravy na pozemních komunikacích*. Mariánské lázně, EDIP.

CELOSTÁTNÍ SČÍTÁNÍ DOPRAVY 2010. *Měřený úsek silnice II/477* [online]. Aktualizace 2010. [cit. 2012-03-12]. Dostupné z: <<http://scitani2010.rsd.cz/pages/map/default.aspx>>.

CENIA – kontaminovaná místa. *Staré ekologické zátěže v městském obvodu Moravská Ostrava a Přívoz* [online]. Aktualizace 2009. [cit. 2012-03-12]. Dostupné z: <<http://kontaminace.cenia.cz/>>.

ČHMÚ. *Imisní limity podle nařízení vlády 597/2006 Sb.* [online]. Aktualizace 2006. [cit. 2012-03-12]. Dostupné z: <http://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/info/limity_CZ.html>.

GACKA, M. Památné stromy v Ostravě. *Statutární město Ostrava* [online]. Aktualizace 2011 [cit. 2012-03-09]. Dostupné z: <<http://jitrocel.ostrava.cz/cs/zvlaste-chranene-casti-prirody-v-ostrave/pamatny-strom>>.

GEOPORTÁL – MAPY. *Seznam kontaminovaných míst v městské části Moravská Ostrava a Přívoz* [online]. Aktualizace 2012. [cit. 2012-03-12]. Dostupné z: <<http://geoportal.gov.cz/web/guest/map>>.

HERČÍK, M. 2006: *Životní prostředí – Základy environmentalistiky*. Ostrava: Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Ostrava, 142 pp.

HRONEŠ, M. Pinus mugo - borovice kleč. *Natura Bohemica* [online]. Aktualizace 2009 [cit. 2012-03-09]. Dostupné z: <<http://www.naturabohemica.cz/pinus-mugo/>>.

- IRZ - Integrovaný registr znečišťování. *Amoniak* [online]. Aktualizace 2011. [cit. 2012-03-12]. Dostupné z: <<http://www.irz.cz/node/11>>.
- JAMRICH, V. 1994: *Imisná patofyziológia rastlín*. Zvolen: TU Zvolen, 95 pp.
- JANČAŘÍK, V. Grafioza jilmů. *Lesnická práce* [online]. 1999, roč. 78, č. 10 [cit. 2012-04-26]. Dostupné z: <<http://www.silvarium.cz/lesnicka-prace-c-10-99/grafioza-jilmu>>.
- JAUHARI, V.P. 1992: *Agriculture, industry and the environment*. India: Mittal Publications, 472 pp.
- KHALLAF, M.K. 2011: *The impact of air pollution on health, economy, environment and agricultural sources*. Croatia: InTech, 444 pp.
- KRAJSKÁ SPRÁVA ČSÚ V OSTRAVĚ. *Statistická ročenka Moravskoslezského kraje 2011* [online]. Aktualizace 2011 [cit. 2012-03-12]. Dostupné z: <<http://www.ostrava.czso.cz/csu/2011edicniplan.nsf/krajp/801011-11-xt>>.
- KUBANOVÁ, J. 2008: *Statistické metody pro ekonomickou a technickou praxi*. Bratislava: Statis, 238 pp.
- KUBÍČEK, V. Borovicovitě. *Encyklopedie rostlin* [online]. Aktualizace 2003 [cit. 2012-04-20]. Dostupné z: <<http://www.kvetena.cz/systematika/Celed.asp?strana=5>>.
- MAGISTRÁT MĚSTA OSTRAVY. *Územně analytické podklady pro správní obvod statutárního města Ostravy 2010: A1. Průvodní zpráva* [online]. Aktualizace 2010 [cit. 2012-03-12]. Dostupné z: <http://gisova.ostrava.cz/dokumenty/pruvodni_zprava_uap_12_2010.pdf>.
- MAGNELLO, E. et al. 2010: *Statistika*. Praha: Portál, s.r.o., 192 pp.
- MALOVEC, J. Stromy z rodu pinus (borovice). *Ihličnaté stromy* [online]. Aktualizace 2010 [cit. 2012-04-20]. Dostupné z: <<http://ihlicnatestromy.webnode.sk/galeria-ihlicnanov/stromy-z-rodu-pinus-borovica/>>.
- MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČESKÉ REPUBLIKY. *Rozmístění starých ekologických zátěží podle evidence MŽP ČR v r.2005* [online]. Aktualizace 2005 [cit. 2012-03-12]. Dostupné z: <http://www.mzp.cz/www/dav.nsf/rocenka_06/img/a4_01.gif>.
- MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČESKÉ REPUBLIKY. *Staré ekologické zátěže, resp. kontaminovaná místa* [online]. Aktualizace 2012 [cit. 2012-03-09]. Dostupné z: <http://www.mzp.cz/cz/stare_ekologicke_zateze>.

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČESKÉ REPUBLIKY. *Statistická ročenka životního prostředí České republiky 2006* [online]. Praha, 2006 [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <http://www.mzp.cz/www/dav.nsf/rocenka_06/06_titul.htm>.

NOVOTNÝ, R. et al. 2009: *Metodika hodnocení viditelného poškození vegetace vyvolaného účinky přízemního ozonu*. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 48 pp.

OBROUČKA, K. 2003: *Ochrana ovzduší 1, Zdroje a látky znečišťující ovzduší*. Ostrava: Vysoká škola podnikání, a.s. v Ostravě, 81 pp.

PASEČNÝ, P. 2005: *Jehličnany pro zahrady a skalky*. Praha: Grada Publishing a.s., 93pp.

PAVELKA, F. et al. 2000: *Aplikovaná statistika*. Zlín: Fame, 132 pp.

PETROŠOVÁ, J. O městském obvodu. Moravská Ostrava a Přívoz [online]. 2012 [cit. 2012-04-26]. Dostupné z: <http://www.moap.cz/cs/o-moapu/zakladni-udaje>

PIKULA, J. et al. 2004: *Stromové a keřové dřeviny lesů a volné krajiny České republiky*. Brno: Akademické nakladatelství Cerm, 218 pp.

PONDĚLÍČKOVÁ, J. Výstaviště Černá louka. Moravská Ostrava a Přívoz [online]. 2011 [cit. 2012-04-26]. Dostupné z: http://www.moap.cz/cs/o-moapu/zajimavosti/copy6_of_zajimavosti-mestskeho-obvodu-moravska-ostrava-a-privoz

SDĚLENÍ: odboru ochrany ovzduší MŽP o hodnocení kvality ovzduší - vymezení oblastí se zhoršenou kvalitou ovzduší na základě dat za rok 2009. *Věstník MŽP* [online]. 2011, XXI, č. 4 [cit. 2012-04-26]. Dostupné z: <[http://www.mzp.cz/osv/edice.nsf/1819E9522DB21D84C1257871002C6ACB/\\$file/OVV-Vestnik-20110411.pdf](http://www.mzp.cz/osv/edice.nsf/1819E9522DB21D84C1257871002C6ACB/$file/OVV-Vestnik-20110411.pdf)>.

SIKORA, E.J. et al. Air pollution damage to plants. *Alabama cooperative extension system* [online]. Aktualizace 2004 [cit. 2012-04-13]. Dostupné z: <<http://www.aces.edu/pubs/docs/A/ANR-0913/ANR-0913.pdf>>.

STATUTÁRNÍ MĚSTO OSTRAVA – MAPOVÝ PORTÁL. *Zvolená městská část pro monitoring* [online]. Aktualizace 2012. [cit. 2012-03-12]. Dostupné z: <<http://gisova.ostlava.cz/webmaps/mapaz/viewer.htm>>.

SOUČEK, E. 2006: *Statistika pro ekonomy*. Praha: VSEM, 267 pp.

WEISSMANOVÁ, H. et al. 2004: *Ostravsko, Chráněná území ČR, X*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a Ekocentrum Brno, 456 pp.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

ATP	Adenosin trifosfát
CHKO	Chráněná krajinná oblast
CO	Oxid uhelnatý
CO ₂	Oxid uhličitý
C _x H _y	Uhlovodíky
HCl	Chlorovodík
H ₂ S	Sirovodík
IRZ	Integrovaný registr znečištění
NH ₃	Amoniak
NO	Oxid dusnatý
NO ₂	Oxid dusičitý
NO _x	Oxidy dusíku
NPR	Národní přírodní rezervace
O ₃	Ozón
PGA	3-fosfoglycerát
PHO	Pásma hygienické ochrany
PM _(10,2,5)	Poléťavý prach (počet mikrometrů)
PR	Přírodní rezervace
SO ₂	Oxid siřičitý

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Území v Moravskoslezském kraji s překročenými hodnotami imisního limitu.	29
Obrázek 2 Zvolená městská část pro monitoring (Měřítko: 1:100000).....	30
Obrázek 3 Rozmístění starých ekologických zátěží podle evidence MŽP ČR v r.2005	31
Obrázek 4 Staré ekologické zátěže v městském obvodu Moravská Ostrava a Přívoz.....	33
Obrázek 5 Měření nekrotizace jehlice (HABRAMOVÁ, 2012)	37
Obrázek 6 Měřený úsek silnice II/477	43

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Vymezení oblastí se zhoršenou kvalitou ovzduší (v % území)	28
Tabulka 2 Imisní limity pro ochranu ekosystémů a vegetace.....	28
Tabulka 3 Seznam kontaminovaných míst v městské části Moravská Ostrava a Přívoz ...	34
Tabulka 4 Seznam evidovaných památných stromů na území městské části Moravská Ostrava a Přívoz.....	34
Tabulka 5 Údaje o výšce a šířce kmene vybraných stromů.....	36
Tabulka 6 Vypočtené statistické charakteristiky pro ročníky jehlic 2010 a 2011	42
Tabulka 7 Emisní faktory znečišťujících látek pro jednotlivé kategorie vozidel (g/km)	49
Tabulka 8 Roční emise pro jednotlivé kategorie vozidel (g/rok)	49
Tabulka 9 Celkové roční emise (g/rok)	49
Tabulka 10 Ohlášené roční emise velkých zdrojů (kg/rok)	50
Tabulka 11 Procentuelní vyjádření ročních emisí z velkých zdrojů a emisí z dopravy	50

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Četnost jehlic ve variačních třídách za rok 2010.....	41
Graf 2 Četnost jehlic ve variačních třídách za rok 2011.....	41
Graf 3 Krabicový graf statistických charakteristik za rok 2010 a 2011	42
Graf 4 Denní variace dopravy.....	44
Graf 5 Týdenní variace dopravy	45
Graf 6 Roční variace dopravy	45
Graf 7 Denní variace autobusové dopravy	46
Graf 8 Týdenní variace autobusové dopravy	46
Graf 9 Roční variace autobusové dopravy.....	47
Graf 10 Denní variace dopravy těžkých vozidel	47
Graf 11 Týdenní variace dopravy těžkých vozidel	48
Graf 12 Roční variace dopravy těžkých vozidel.....	48
Graf 13 Podíl jednotlivých typů dopravy na celkovém množství emisí.....	50

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č.1: Vypočtené hodnoty indexu nekrotizace (%) pro jednotlivé délky jehlic
za 2010 a 2011

Příloha č.2: Výpočet variačních tříd pro ročníky 2010 a 2011 pomocí Sturgesova
pravidla

Příloha č.3: Podklady pro výpočty celkových emisí pro jednotlivé kategorie
vozidel u denních, týdenních a ročních variací

Tabulka 1 Výpočet emisí pro denní variace – Osobní automobily (benzín)

Tabulka 2 Výpočet emisí pro týdenní variace – Osobní automobily (benzín)

Tabulka 3 Výpočet emisí pro roční variace – Osobní automobily (benzín)

Tabulka 4 Výpočet emisí pro denní variace – Osobní automobily (diesel)

Tabulka 5 Výpočet emisí pro týdenní variace – Osobní automobily (diesel)

Tabulka 6 Výpočet emisí pro roční variace – Osobní automobily (diesel)

Tabulka 7 Výpočet emisí pro denní variace – Osobní automobily (LPG)

Tabulka 8 Výpočet emisí pro týdenní variace – Osobní automobily (LPG)

Tabulka 9 Výpočet emisí pro týdenní variace – Osobní automobily (LPG)

Tabulka 10 Výpočet emisí pro denní variace – Osobní automobily (CNG)

Tabulka 11 Výpočet emisí pro týdenní variace – Osobní automobily (CNG)

Tabulka 12 Výpočet emisí pro roční variace – Osobní automobily (CNG)

Tabulka 13 Výpočet emisí pro denní variace – Autobusy (diesel)

Tabulka 14 Výpočet emisí pro týdenní variace – Autobusy (diesel)

Tabulka 15 Výpočet emisí pro roční variace – Autobusy (diesel)

Tabulka 16 Výpočet emisí pro denní variace – Autobusy (LPG)

Tabulka 17 Výpočet emisí pro týdenní variace – Autobusy (LPG)

Tabulka 18 Výpočet emisí pro roční variace – Autobusy (LPG)

Tabulka 19 Výpočet emisí pro denní variace – Autobusy (CNG)

Tabulka 20 Výpočet emisí pro týdenní variace – Autobusy (CNG)

Tabulka 21 Výpočet emisí pro roční variace – Autobusy (CNG)

Tabulka 22 Výpočet emisí pro denní variace – Těžká vozidla (diesel)

Tabulka 23 Výpočet emisí pro týdenní variace – Těžká vozidla (diesel)

Tabulka 24 Výpočet emisí pro roční variace – Těžká vozidla (diesel)

Příloha č.4: Grafy variací

Graf 1 Denní variace dopravy – Osobní automobily (diesel)

Graf 2 Týdenní variace dopravy – Osobní automobily (diesel)

Graf 3 Roční variace dopravy – Osobní automobily (diesel)

Graf 4 Denní variace dopravy – Osobní automobily (LPG)

Graf 5 Týdenní variace dopravy – Osobní automobily (LPG)

Graf 6 Roční variace dopravy – Osobní automobily (LPG)

Graf 7 Denní variace dopravy – Osobní automobily (CNG)

Graf 8 Týdenní variace dopravy – Osobní automobily (CNG)

Graf 9 Roční variace dopravy – Osobní automobily (CNG)

Graf 10 Denní variace dopravy – Autobusy (LPG)

Graf 11 Týdenní variace dopravy – Autobusy (LPG)

Graf 12 Roční variace dopravy – Autobusy (LPG)

Graf 13 Denní variace dopravy - Autobusy (CNG)

Graf 14 Týdenní variace dopravy - Autobusy (CNG)

Graf 15 Roční variace dopravy – Autobusy (CNG)